資　料　編

１．実証研究結果 153
１．１　超高効率固液分離技術 154
１．２　高効率高温消化技術 182
１．３　スマート発電システム技術 197
２．ケーススタディ 203
３．その他 210
４．参考文献 221
５．問い合わせ先 222

１．実証研究結果

実験結果のまとめ

	項　目	目　　標	結　　果	達成度	頁
超高効率固液分離技術	処理の安定性(条件) ①ろ過速度 250m/日, ②流入 SS 濃度＝145mg/L 流入全 BOD 濃度＝170mg/L (内溶解性 50mg/L)	SS 除去率は 66%以上	70%（今回近似式　より） 式 ＝ 14.415 × ln(SS 濃度)-1.0108	達成	161
		BOD 除去率は 47%以上	47%（今回近似式　より） 式＝{14.543×ln(SS 濃度) - 5.763}×(全 BOD 濃度－溶解性 BOD 濃度)÷全 BOD 濃度	達成	161
	運転の安定性	24 時間の連続運転が可能であること	2012/2/17～2013/2/28 の期間において，設備不具合なく連続運転	達成	156
		洗浄によりろ過損失抵抗が初期値まで回復し，ろ層の閉塞が起こらないこと。	2012/2/17～2013/2/28 の期間において，初期ろ坑の著しい上昇は無く，洗浄は良好に行われた。	達成	156
高効率高温消化技術	消化性能 (定格負荷条件) ①HRT　＝5 日, ②生汚泥：生ごみ TS 比率＝1:0.7, ③VS 負荷＝6.0kg/m^3/日	VS 分解率　64%以上	定格負荷条件にて平均 66%	達成	195
		消化ガス発生量 644Nm^3/t-投入 VS 以上	定格負荷条件にて，646Nm^3/t-投入 VS	達成	195
	運転の安定性	定格負荷運転で連続運転が可能であること	2012/8/1～2012/9/30 の期間において HRT=5 日で 61 日間連続運転。その後も投入負荷を変えて HRT=5 日で連続運転(稼働率 100%，運転日数 212 日)。	達成	185
スマート発電システム技術	電力ピークの削減	使用電力の平準化による最大使用電力の 10%～max20%カット	成行き時 73ｋW(換算値) ⇒デマンド制御後 64ｋW (12 月 6 日 11:30 実績よりカット幅 12.3%達成，目標達成度 69%)	一部達成	199
	電気料金の削減	使用電力の平準化とバイオガス有効利用による使用電力量の 30%～max60%削減	成行き時 1,648kWh(日量換算値) ⇒デマンド 39kWh＋発電 871kWh (12 月 14 日実績より削減率 55%達成)	達成(削減率 55%)	200
	燃料電池の発電効率	発電効率 40%以上	2012/10/1～2013/3/7 の期間において，発電効率は通年 40%以上	達成	198
	消化ガスの有効利用	発生した消化ガスの 100%利用	2012/10/1～2013/3/7 の期間において余剰ガス燃焼装置の稼働実績無し（消化ガス全量活用）	達成	198

1.1　超高効率固液分離技術

1.1　超高効率固液分離技術

1.1.1.　運転条件

装置諸元と運転条件一覧を**表資１．１－１**に示す。

本実証研究においては，従来型のろ材Ａを用いた試験に加え，製造方法等を改良したろ材Ｂの各種性能調査も実施した。

表資１．１－１　装置諸元と運転条件一覧表

	装　置　諸　元	備　　考
超高効率固液分離設備	ろ過面積＝12m^2×3 区画 （うち常時 2 区画を使用）	処理水量 250m/日（晴天時）で 6,000 m^3/日 1,000 m/日（雨天時）で 24,000 m^3/日
生汚泥貯留設備	容量 80m^3	2 回分の洗浄排水を貯留する規模
一次濃縮設備	面積４m^2	平均的な水面積負荷 150m^3/(m^2・日)

年			2012										2013		
月			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
運転条件															
固液分離槽 超高効率	ろ過速度	(m/日)	250								変動	300			500
	運転ろ過池	1,2,3号	2,3						1,2				1,3	1,2	
	ろ材種別(1号)※	ろ材A(旧)/ろ材B(新)	ろ材A						ろ材B						
	ろ材種別(2号)※	ろ材A(旧)/ろ材B(新)	ろ材A								ろ材B			ろ材B	
	ろ材種別(3号)※	ろ材A(旧)/ろ材B(新)	ろ材A									ろ材B			
	ろ層厚(1号)※	(mm)						600							
	ろ層厚(2号)※	(mm)	600								450			450	
	ろ層厚(3号)※	(mm)	600									300			
	逆洗方法	ろ抗orタイマー	ろ抗優先洗浄											タイマーによる洗浄	
濃縮槽 一次	一次引抜方法	サイクルor逆洗連動	1hr毎の引抜き								固液分離槽の逆洗に連動させた引抜				
	一次引抜量	(m3/回)	1.5								1.4				
	一次インターバル	(min)	0								3				
	一次引抜頻度	(回/日)	2	24							逆洗回数によって変動				
濃縮槽 二次	二次引抜方法	サイクルor逆洗連動	1hrまたは2hr毎の引抜き								固液分離槽の逆洗に連動させた引抜				
	二次引抜量	(m3/回)	0.5												

※運転中の池を着色にて示す。

1.1.2. 運転の安定性

超高効率固液分離槽の運転の安定性を，実証期間中におけるろ過損失水頭の経時変化およびろ材層厚の変化等から評価した。

（初期ろ過損失抵抗）

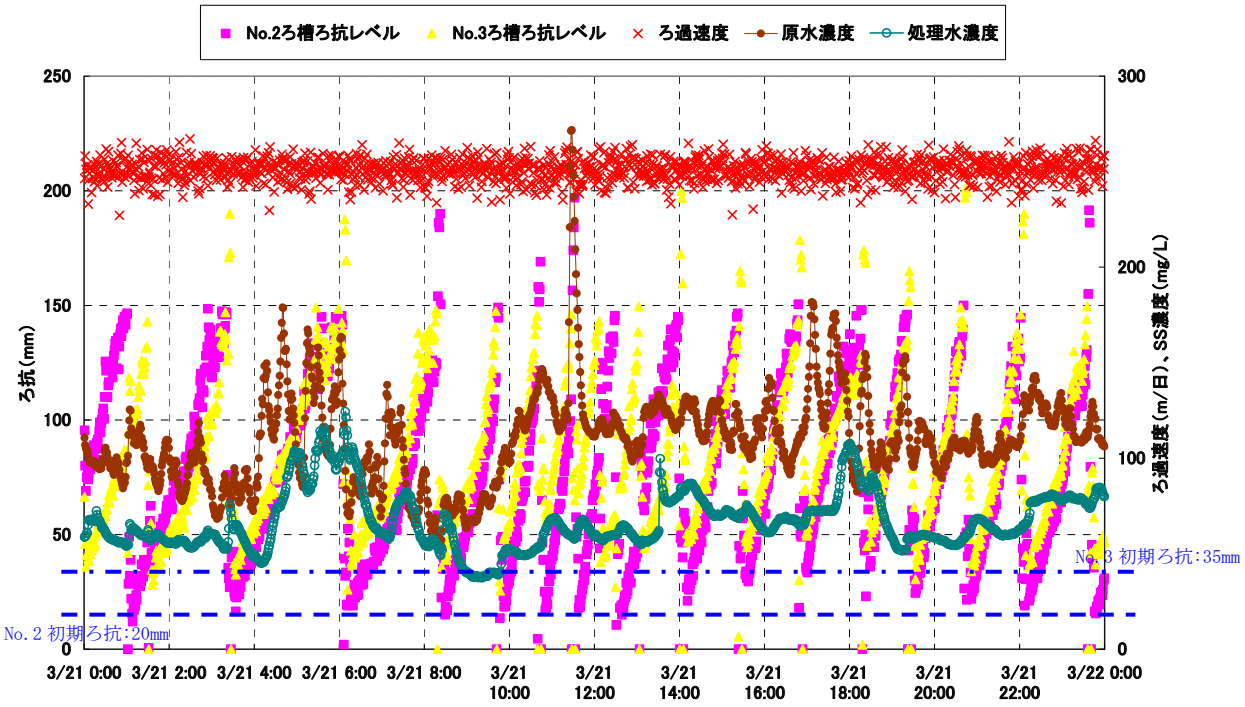
ろ材 A についての評価対象期間と運転条件および初期ろ過損失抵抗測定結果をを**表資１．１－２**に記す。対象期間のろ過損失水頭の変化を確認したところ，期間内での 1 日あたりの初期ろ過損失水頭（以下,「初期ろ過損失抵抗）とする）上昇率は,No.2 槽で 0.014mm/日,No.3 槽で 0.035mm/日と，ほとんど上昇することなく初期値まで回復し，ろ材層の閉塞がないことが確認された。なお、同期間においては急激な初期ろ過損失水頭の上昇が無かったため，完全洗浄は実施しなかった。3/21 および 8/20 の運転データグラフを**図資１．１－１**，**図資１．１－２**に示す。

（連続運転）

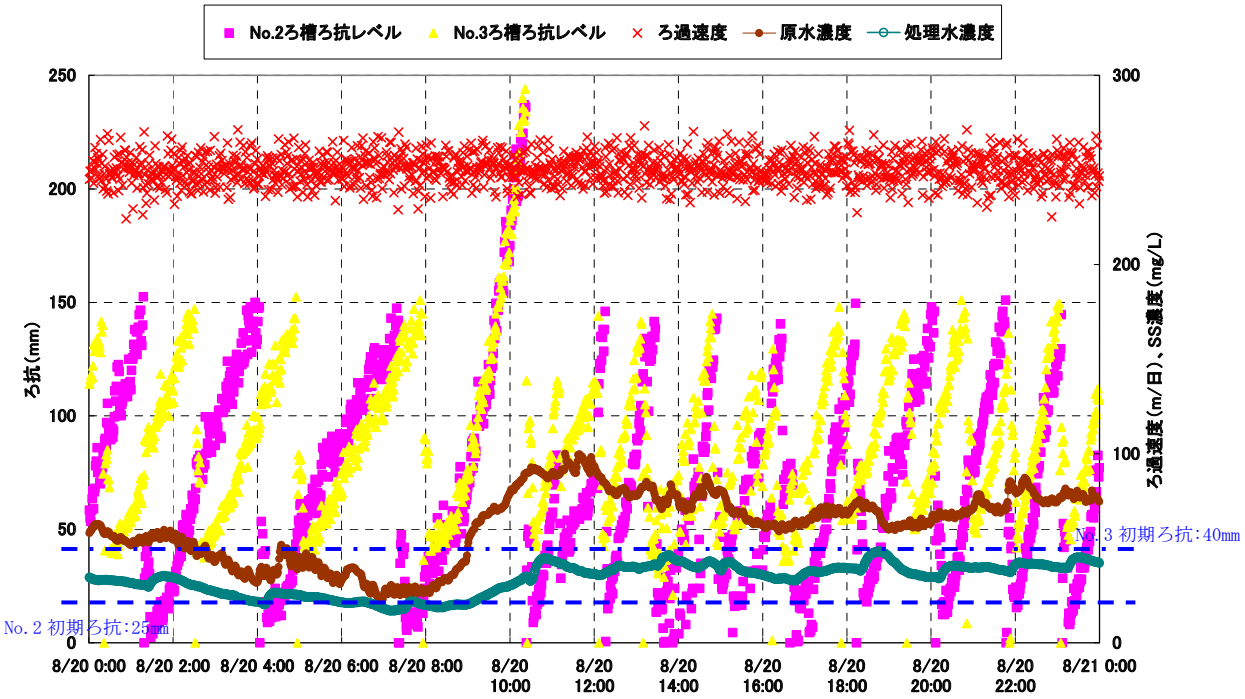
なお，実証設備の稼動開始（2012/2/17）から 2013/2/28 の期間（改造工事期間を除く）において，設備的な不具合等は無く安定した運転が可能であった。

表資１．１－２ 評価対象期間と運転条件および初期ろ過損失水頭測定結果

				超高効率固液分離槽 No.	
				No.2	No.3
評価対象期間と運転条件	ろ過速度		(m/日)	250	
	初期ろ層厚み		(mm)	600	
	ろ材種別			ろ材 A	
	対象期間			2012.3.21～8/20 〈連続運転日数＝142 日〉 (6/25～7/5 は改造工事のため運転停止)	
初期ろ過損失水頭測定結果	初期ろ過損失抵抗	3 月 21 日	(mm)	20	35
		8 月 20 日		22	40
	初期ろ過損失抵抗上昇値		(mm)	2	5
	運転時間		(日)	142	142
	初期ろ過損失抵抗上昇率		(mm/日)	0.014	0.035



図資１．１－１　初期ろ過損失抵抗経時変化グラフ（3/21）



図資１．１－２　初期ろ過損失抵抗経時変化グラフ（8/20）

（ろ材層厚の確認）

運転期間中，運転異常等によるろ材流出の有無を確認するため，超高効率固液分離槽内層厚測定および洗浄排水槽ならびに一次濃縮槽での浮遊物目視確認を行った。層厚の測定結果を表資１．１－３に示す。期間中，し渣等に絡まった少量のろ材が洗浄排水槽や一次濃縮槽水面に浮遊することがあったものの，ろ材層厚としては殆ど変化が無く，安定した運転が行われていることが確認された。

表資１．１－３　超高効率固液分離槽内ろ層厚測定結果

		測定日	
		3/21	7/21
稼動日数	（日）	0	123
ろ層厚み	（cm）	60.0	59.5
備考		ろ材層厚は，槽内 12 箇所の測定値の平均	

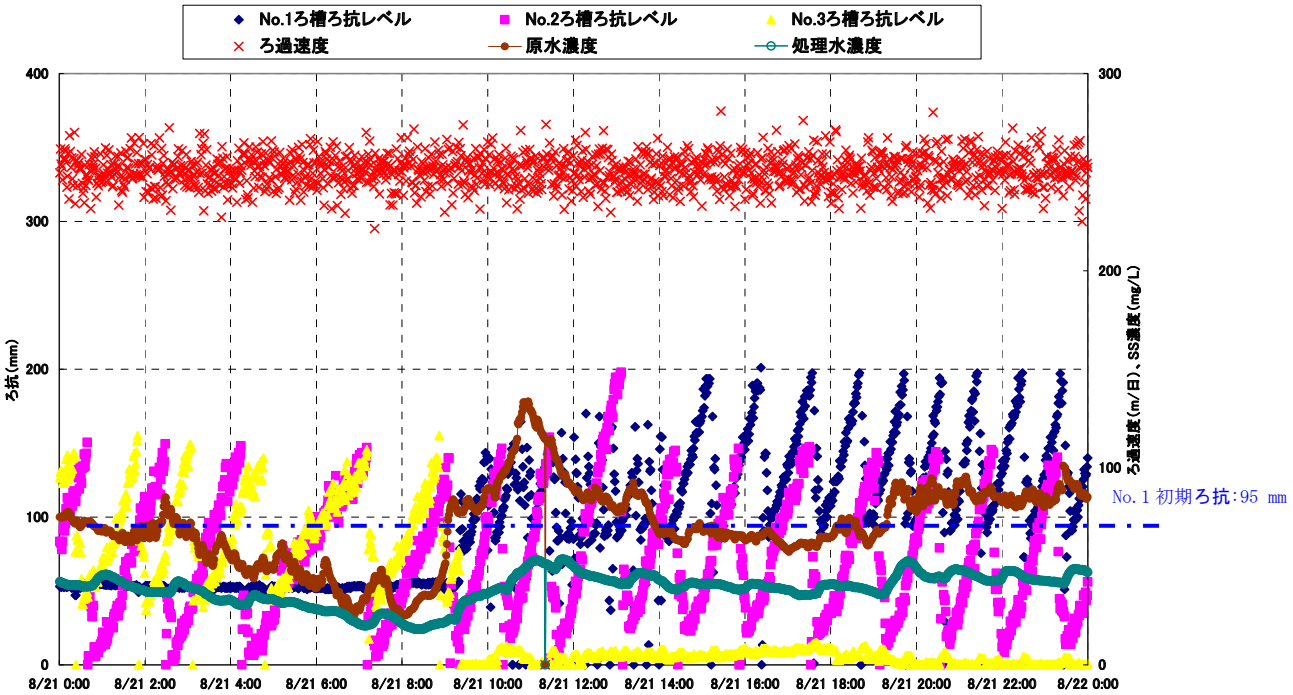
次に，ろ材Bについての評価対象期間および運転条件を**表資１．１－４**に記す。対象期間のろ過損失水頭の変化を確認したところ，期間内での1日あたりの初期ろ過損失水頭（以下，「初期ろ過損失抵抗）とする）上昇率は，No.1槽で0.066mm/日となり，ろ材Aに比べてやや上昇率は高いものの，安定した運転ができていることが確認された。初期ろ過損失抵抗測定結果を**表資１．１－５**に，8/21および1/8の運転データグラフを**図資１．１－３**，**図資１．１－４**に示す。

表資１．１－４　評価対象期間および運転条件

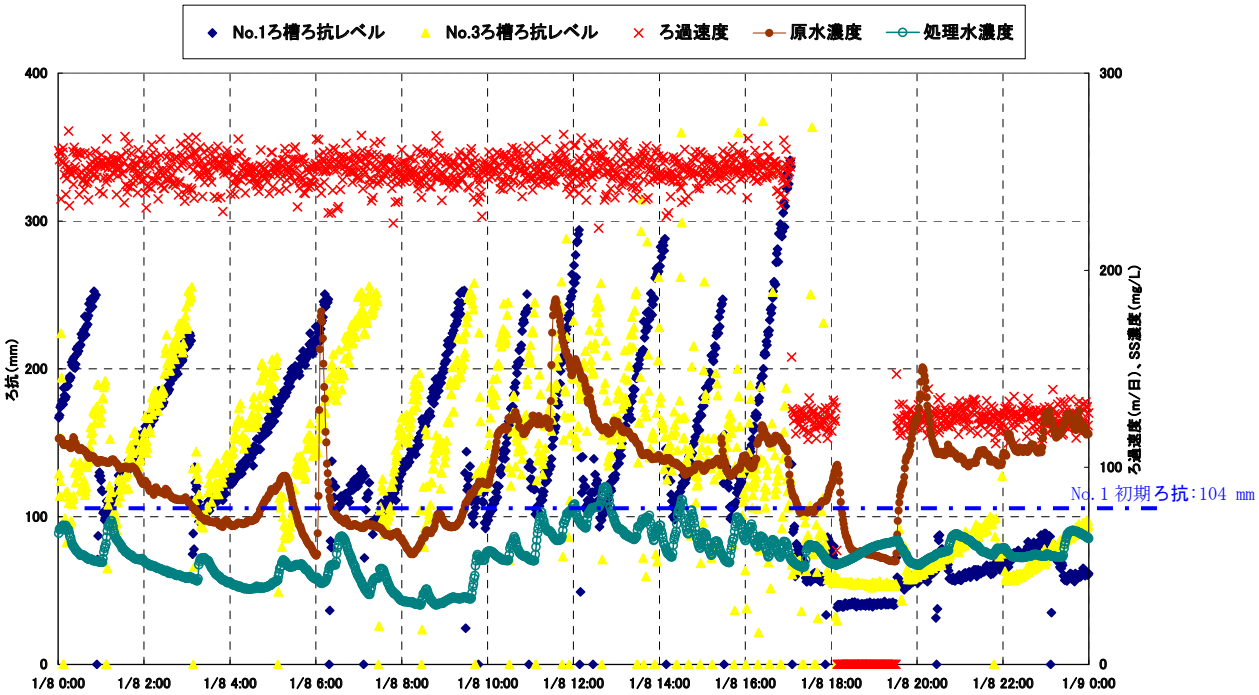
		超高効率固液分離槽No.
		No.1
ろ過速度	(m/日)	250
ろ層厚み	(mm)	600
ろ材種別	(ろ材A/ろ材B)	ろ材B
対象期間		2012.8.21～1/8　〈連続運転日数＝136日〉 (9/28～9/30はNo.1槽運転停止)

表資１．１－５　超高効率固液分離槽の初期ろ過損失抵抗測定結果

			超高効率固液分離槽No.
			No.1
初期ろ過損失抵抗	8月21日	(mm)	95
	1月 8日		104
初期ろ過損失抵抗上昇値		(mm)	9
運転時間		(日)	136
初期ろ過損失抵抗上昇率		(mm/日)	0.066



図資１．１－３　初期ろ過損失抵抗経時変化グラフ（8/21）



図資１．１－４　初期ろ過損失抵抗経時変化グラフ（1/8）

2.1.3　除去性能評価

実証期間中に得られたSS，全BOD除去率について**図資１．１－５，図資１．１－６**に示す。

ろ過速度250m/日において，ろ材A（従来型）をろ材層厚600mmで充填した場合のSS除去率を評価した。得られたデータから作成した近似曲線と提案時の除去率（原水SS濃度145m/L，除去率65.6%）を比較すると，原水SS濃度145mg/Lの点において提案時の除去率を上回る70%となっており，良好なSS除去性能が確認された。

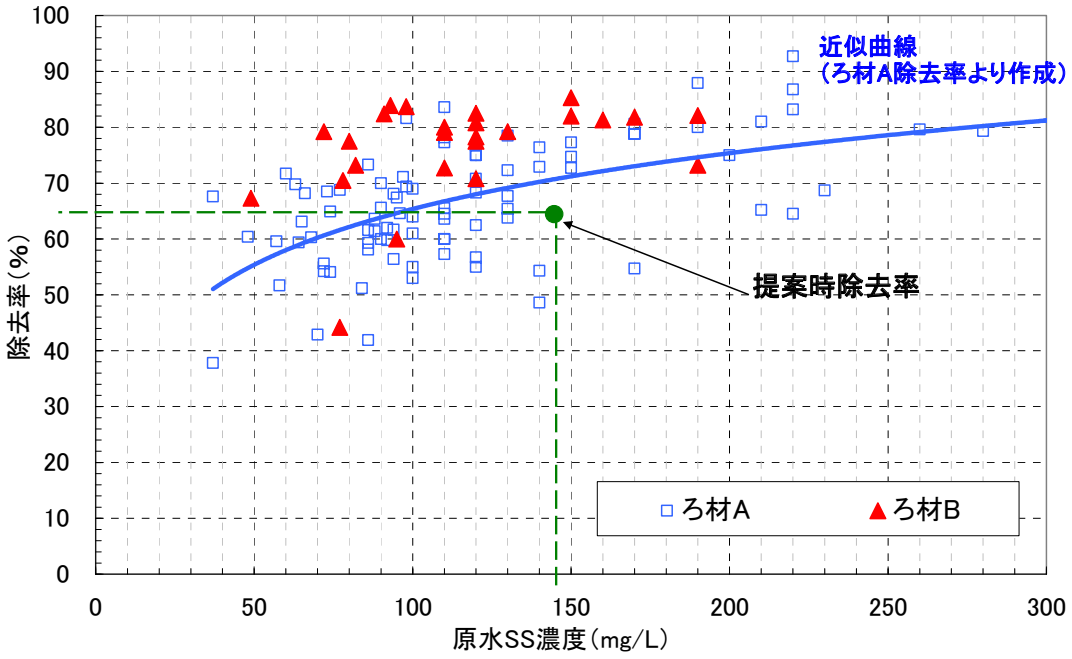
【SS除去率＝14.415×ln(SS濃度)-1.0108】

また，ろ材B（新型）の除去率を見た場合，概ねろ材Aの近似曲線より上方にプロットされていることから，ろ材Bはろ材Aに比べてよりSS除去性能に優れていることが示唆された。

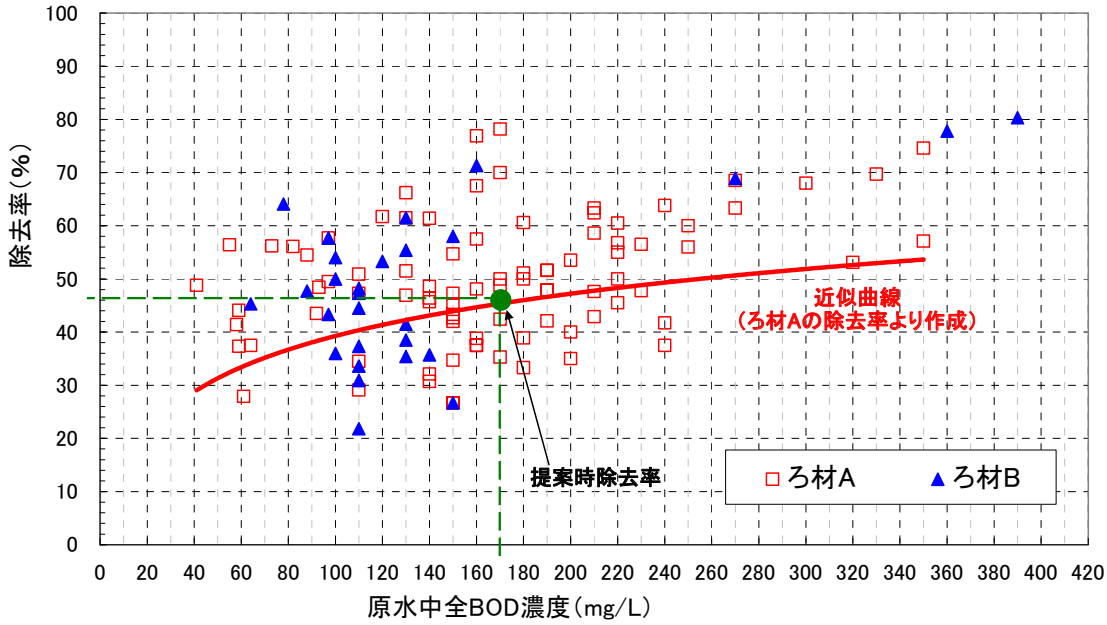
一方，全BOD除去率に関しては，SS除去率よりもバラつきが大きいものの，近似曲線が提案時除去率（原水全BOD濃度170mg/L，原水溶解性BOD濃度50mg/L，除去率46.3%）を上回っていることから，BOD除去性能に関しても概ね当初想定どおりの性能を有していることが確認された。さらに今回，原水中に占める固形性BODと溶解性BODの割合とSS除去率との間に一定の相関関係が認められ，それらを考慮した除去率算出式を作成し，全BOD除去率を求めたところ，除去率47%を得た。

【全BOD除去率＝{14.543×ln(SS濃度) － 5.763}×(全BOD濃度－溶解性BOD濃度)÷全BOD濃度】

なお，全BOD除去性についてろ材Aとろ材Bを比較した場合では，有意な差は認めらなかった。これは，全BOD除去率が原水中の浮遊性BODと溶解性BODの比率の違いによって大きく変動すること，さらには対象期間中の原水性状の変動が比較的大きかったことにより，除去率のバラつきが大きくなったためと推察される。

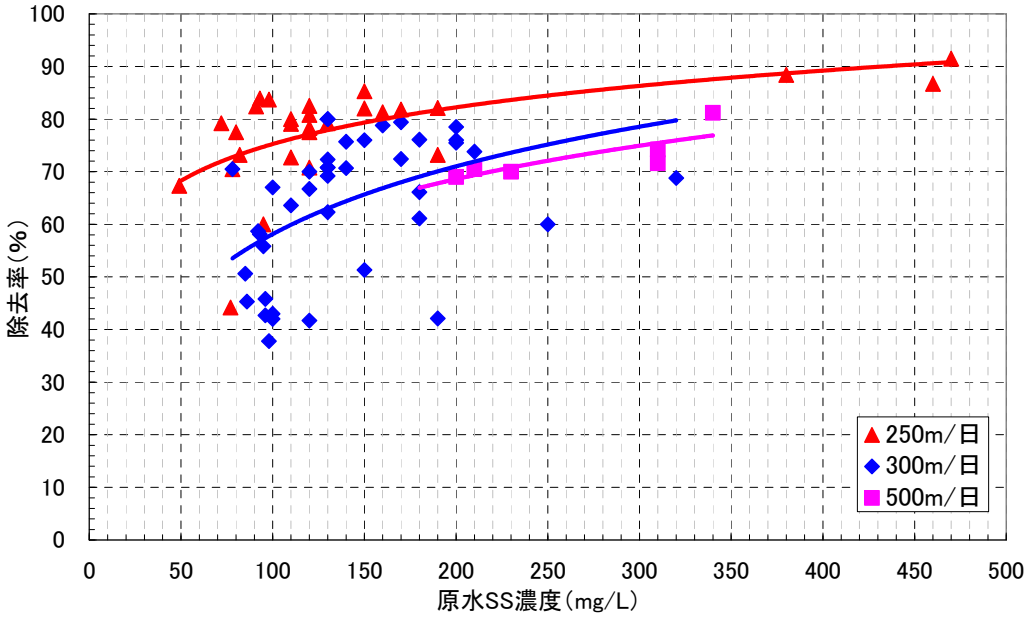


図資１．１－５　原水ＳＳ濃度と除去率（ろ過速度250m/日，層厚600mm）



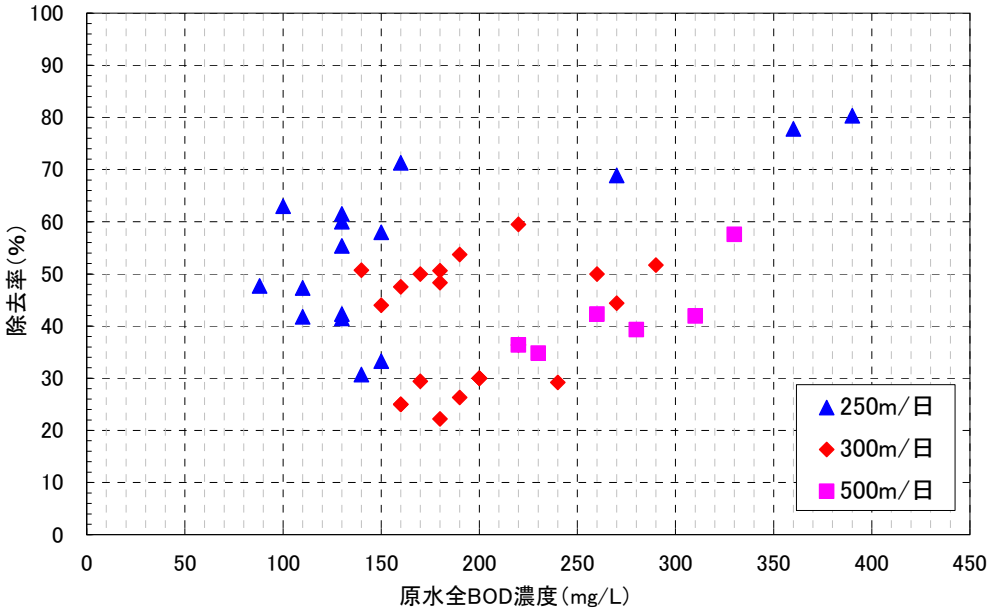
図資１．１－６　原水全ＢＯＤ濃度と除去率（ろ過速度 250m/日，ろ層厚 600mm）

次に，ろ過速度と SS，全 BOD 除去率の関係性について調査した。ろ過速度は 250m/日，300m/日，500m/日とし，ろ材種別はろ材 B，ろ層厚は 600mm で運転し評価を行った。SS の除去率を**図資１．１－７**に，全 BOD 除去率を**図資１．１－８**に示した。条件によって原水濃度の変動幅が大きく一概に比較は難しいが，ろ過速度が下がるにつれて除去率が向上する傾向が見られた。



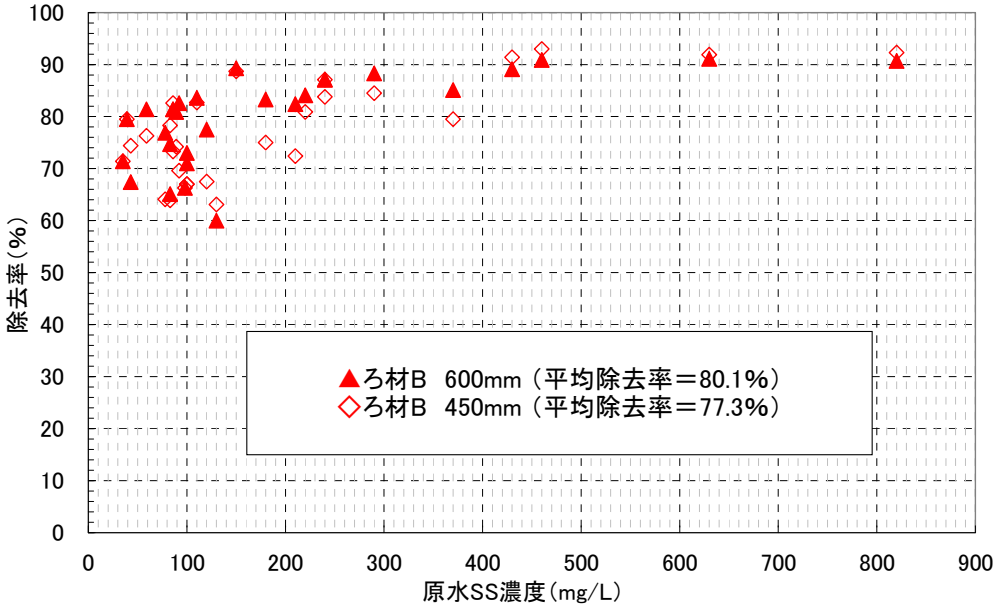
図資１．１－７　ろ過速度毎の SS 除去率（ろ材 B，ろ層厚 600mm）

また，全 BOD 除去率についても SS 除去率と同様に，ろ過速度が下がるにつれて除去率が上がる傾向が見られた。

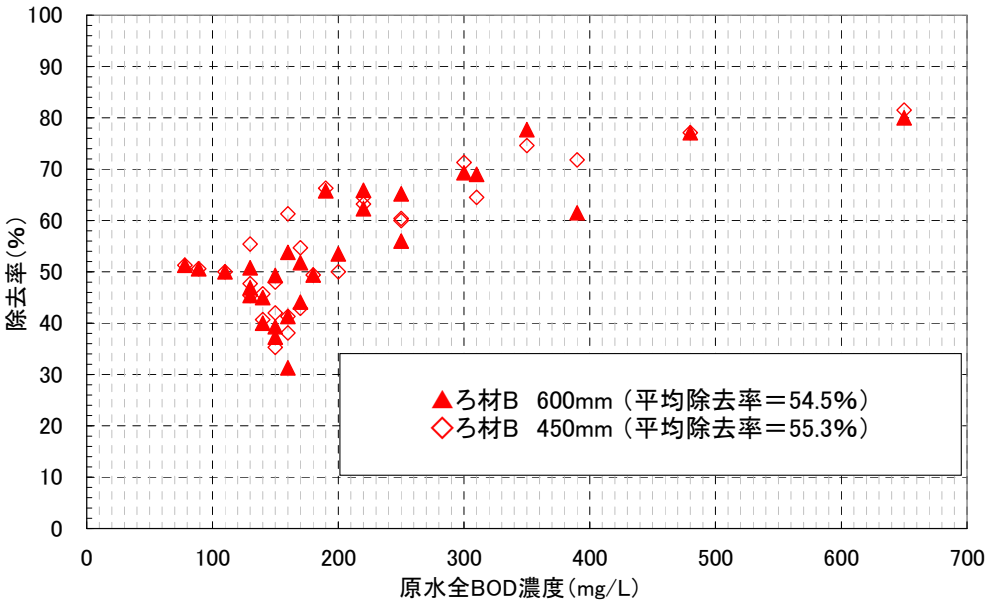


図資１．１－８　ろ過速度毎の全 BOD 除去率（ろ材 B，ろ層厚 600mm）

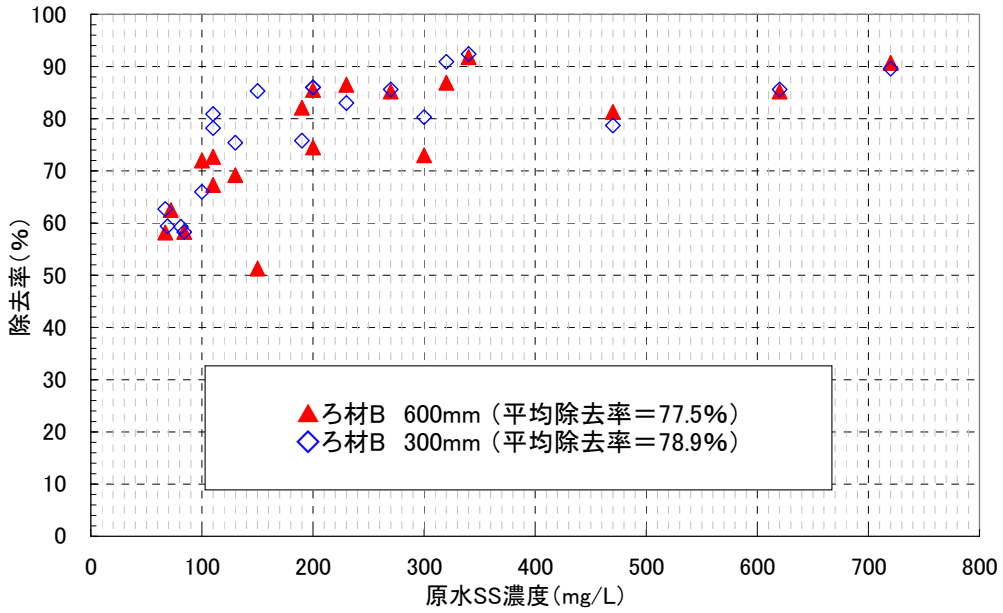
最後に，ろ過速度 250m/日，ろ材 B の条件のもと，ろ層厚の違いによる SS，全 BOD 除去性能の比較を行った。ろ層厚 600mm と 450mm の比較を，**図資１．１－９**，**図資１．１－１０**に，ろ層厚 600mm と 300mm の比較を，**図資１．１－１１**，**図資１．１－１２**にそれぞれ示す。今回の調査期間内においては，SS 除去率，全 BOD 除去率ともにろ層厚の違いによる差は殆ど認められず，良好な除去性能が確認された。ろ材層厚の薄層化の可能性が示唆されたが，今後は処理性能の長期安定性，運転の安定性（洗浄による初期ろ過損失抵抗の回復状況）を継続的に調査する必要があると考えられる。



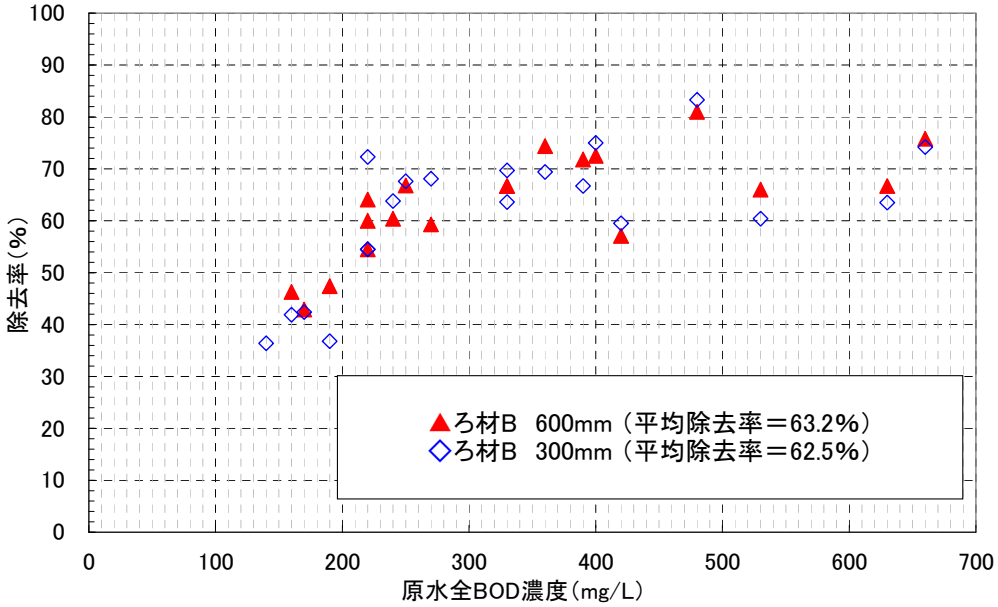
図資１．１－９　ろ層厚 600mm, 450mm の SS 除去率（ろ過速度 250m/日，ろ材 B）



図資１．１－１０　ろ層厚 600mm, 450mm の全 BOD 除去率（ろ過速度 250m/日，ろ材 B）



図資１．１－１１　ろ層厚 600mm, 300mm の SS 除去率（ろ過速度 250m/日，ろ材 B）



図資１．１－１２　ろ層厚 600mm, 300mm の全 BOD 除去率（ろ過速度 250m/日，ろ材 B）

1.1.4　汚泥濃縮性評価

実証期間中，超高効率固液分離槽から得られる生汚泥の効率的な濃縮方法を探るため，以下の3種類の運転を実施した。モードA（ろ過損失抵抗優先洗浄＋一定間隔引抜）を**表資１．１－６**に，モードB（濃縮優先引抜）を**表資１．１－７**に，モードC（タイマー逆洗，濃縮優先引抜）を**表資１．１－８**に示す。モードAでは,1時間に一回の頻度で一定量を引き抜く運転を行ったのに対し，モードBでは濃縮槽への上流側からの汚泥投入が始まる前に汚泥を引抜くという運転を実施した。

表資１．１－６　モードA（ろ過損失抵抗優先洗浄＋一定間隔引抜）

	超高効率固液分離槽	一次濃縮槽	二次濃縮槽
逆洗方法	設定ろ過損失抵抗到達で実施		
汚泥引抜方法		1時間に1回 1.5m^{3}を引抜 ※24 m^{3}引抜/日	1時間に1回 0.5 m^{3}を引抜 ※12 m^{3}引抜/日

表資１．１－７　モードB（濃縮優先引抜）

	超高効率固液分離槽	一次濃縮槽	二次濃縮槽
逆洗方法	設定ろ過損失抵抗到達で実施		
汚泥引抜方法		二次濃縮引抜後に 1.4m^{3}を引抜 ※逆洗回数×1.4m^3/回 ※引抜の途中でｲﾝﾀｰﾊﾞﾙ時間を設定	逆洗に連動して 0.5m^{3}を引抜 ※逆洗回数×1.4m^3/回

表資１－８　モードC（タイマー逆洗＋濃縮優先引抜）

	超高効率固液分離槽	一次濃縮槽	二次濃縮槽
逆洗方法	設定時間間隔で洗浄 （設備保護のためろ過損失抵抗上限値も設定）		
汚泥引抜方法		二次濃縮引抜後に 1.4m^{3}を引抜 ※逆洗回数×1.0m^3/回 ※引抜の途中でｲﾝﾀｰﾊﾞﾙ時間を設定	逆洗に連動して 0.5m^{3}を引抜 ※逆洗回数×1.4m^3/回

モード A における各種データの経時変化を**図資１．１－１３**に，モード B における各種データの経時変化を**図資１．１－１４**に，モードＣにおける各種データの経時変化を**図資１．１－１５**に示す。

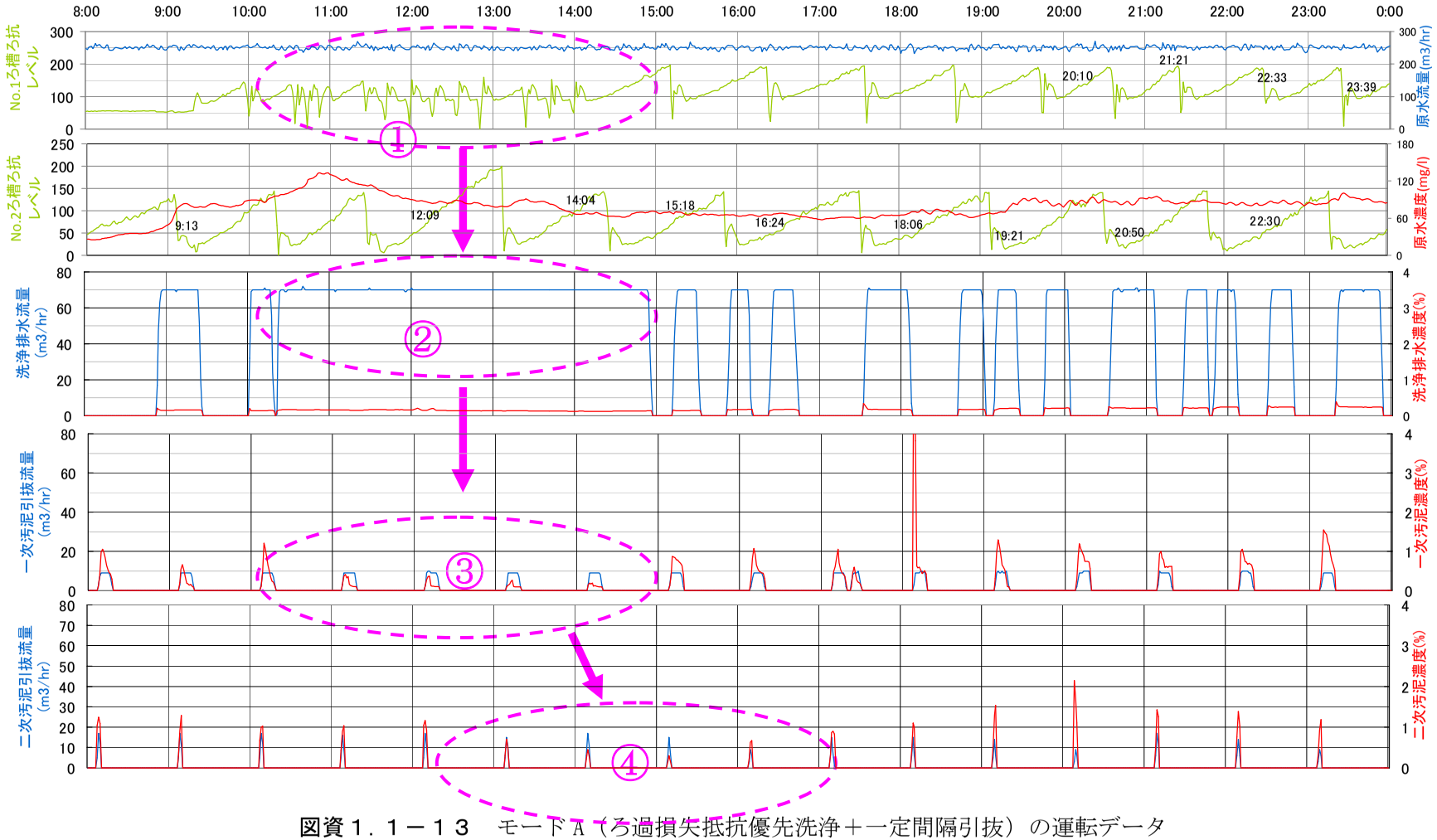
図資１．１－１３において，一次濃縮汚泥濃度は最大で 1%程度，二次濃縮汚泥は最大で 2%程度である。さらに，逆洗が頻発し一次濃縮槽への洗浄排水が継続している間では一次濃縮汚泥濃度は 0.5%程度と非常に低く，洗浄排水の流入による濃縮槽内の撹乱が濃縮効率の低下を引き起こしていると考えられる。

一方，**図資１．１－１４**においては，一次濃縮汚泥濃度は平均的に 1%程度を維持しており，二次濃縮汚泥については最大で 3%超の濃度が得られた。このことから，超高効率固液分離槽と濃縮汚泥の引抜を連動させる運転を行うことで，汚泥の高濃度化が図れることが分かった。

また，**図資１．１－15**に示すように，超高効率固液分離槽の洗浄を一定周期で行い，汚泥沈降時間を定常化させることで，更に汚泥濃縮効率が向上する結果となった。

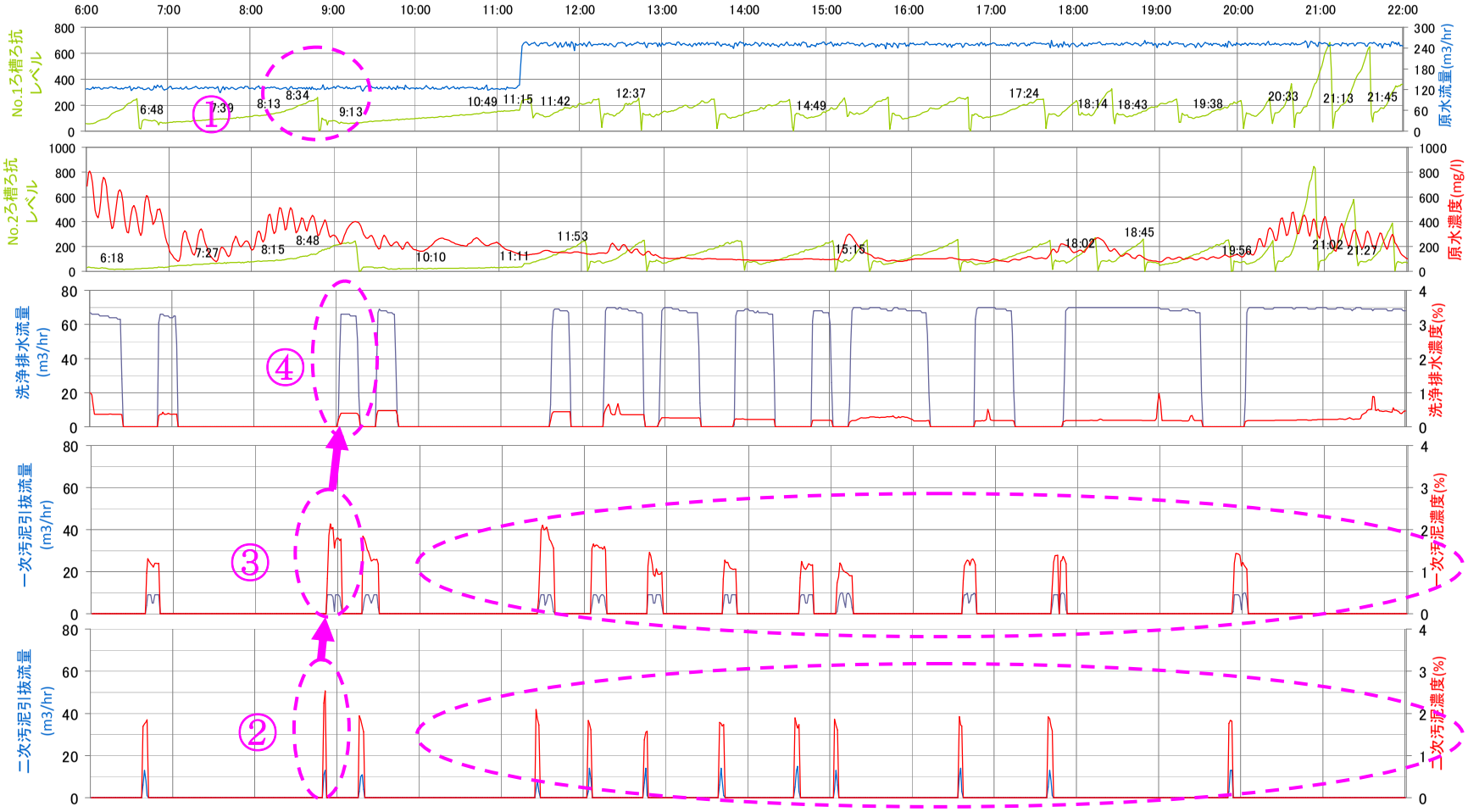
従って,高濃度の生汚泥を安定的に得るためには,超高効率固液分離槽の洗浄間隔を一定化し,後段の一次濃縮槽および二次濃縮槽における汚泥沈降時間と十分に確保した上で引抜きを行うような運転が理想的であると考えられる。

洗浄が頻発すると（①），一次濃縮槽への洗浄排水（生汚泥）の投入が継続的に発生し（②），そのタイミングで汚泥の引抜きが実施されると，一次濃縮汚泥濃度（③）および二次濃縮汚泥濃度（④）が低下する傾向にある。



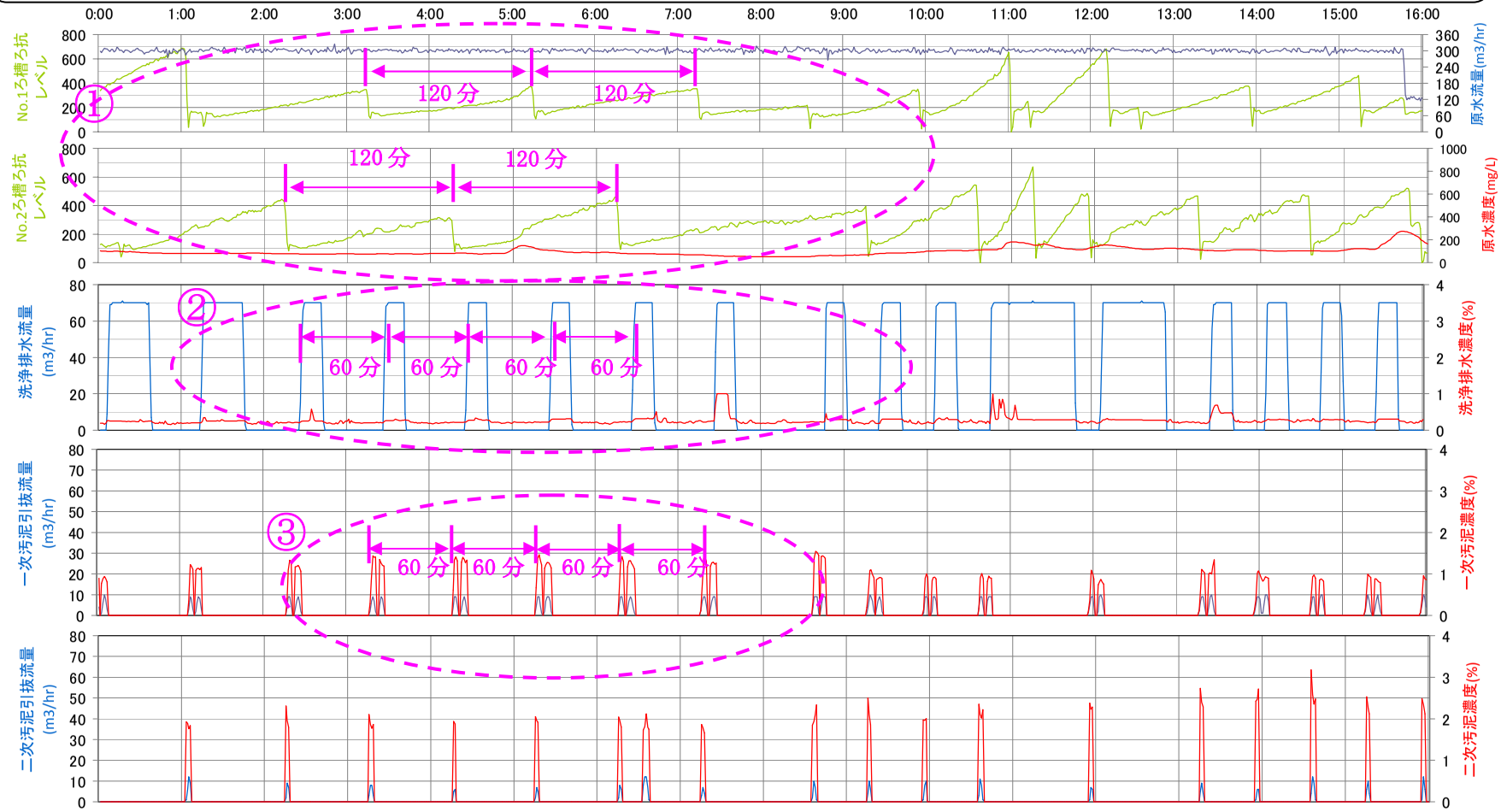
図資１．１－１３　モードＡ（ろ過損失抵抗優先洗浄＋一定間隔引抜）の運転データ

洗浄が実施されると（①），まず二次濃縮汚泥の引抜きを行い（②），次に一次濃縮汚泥の引抜きを実施（③）。最後に洗浄排水槽から一次濃縮汚泥へ洗浄排水（生汚泥）の投入を行うようにモードを変更した（④）。その結果，一次濃縮汚泥，二次濃縮汚泥ともに高濃度での引抜きが可能となった。



図資１．１－１４　モードＢ（濃縮優先引抜）の運転データ

モード B の運転パターンに加え，超高効率固液分離槽の逆洗方法をタイマーによる一定間隔洗浄を実施した（①）。これにより一次濃縮槽内における汚泥の沈降時間が一定化され（②），その結果，高濃度の一次濃縮汚泥が安定的に得られるようになった（③）。



図資１．１－１５　モードＣ（タイマー逆洗＋濃縮優先引抜）の運転データ

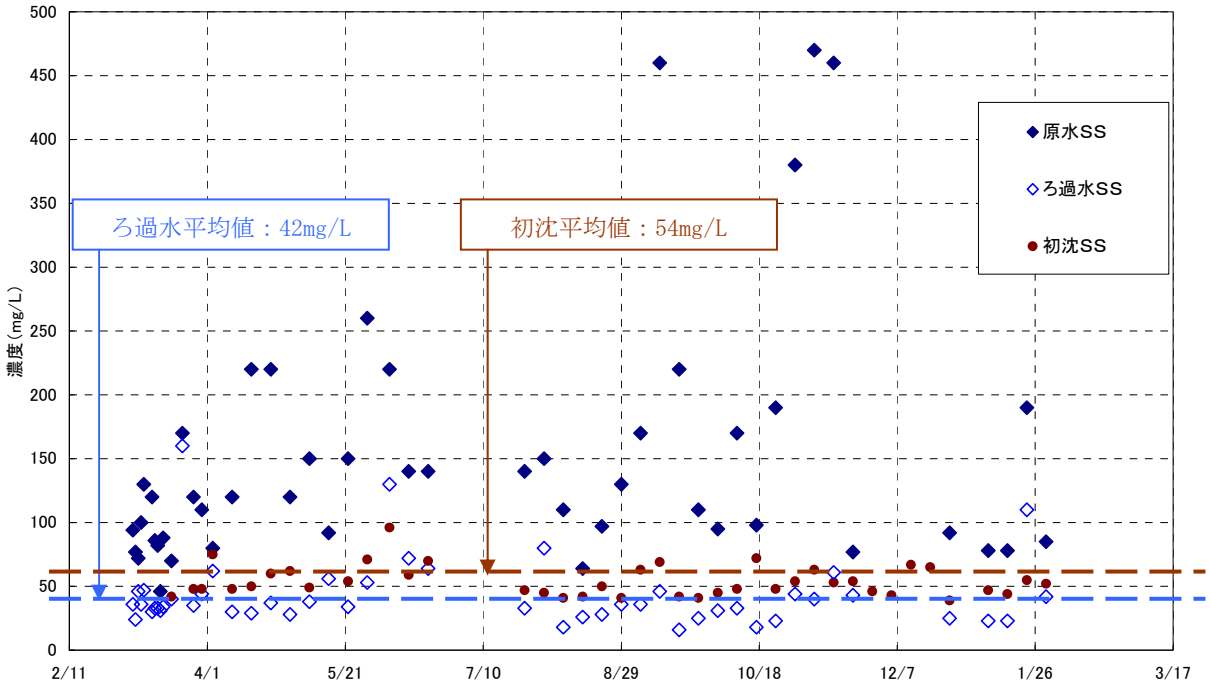
1.1.5　従来技術との比較（§7，§24 根拠データ）

従来技術との性能比較を目的に，実証期間内における超高効率固液分離ろ過水と既設中浜下水処理場西系最初沈殿池上澄水の SS 濃度および全 BOD 濃度を調査した。SS 濃度の日間変動を**図資１．１－１６**に，全 BOD 濃度の日間変動を**図資１．１－１７**に示す。

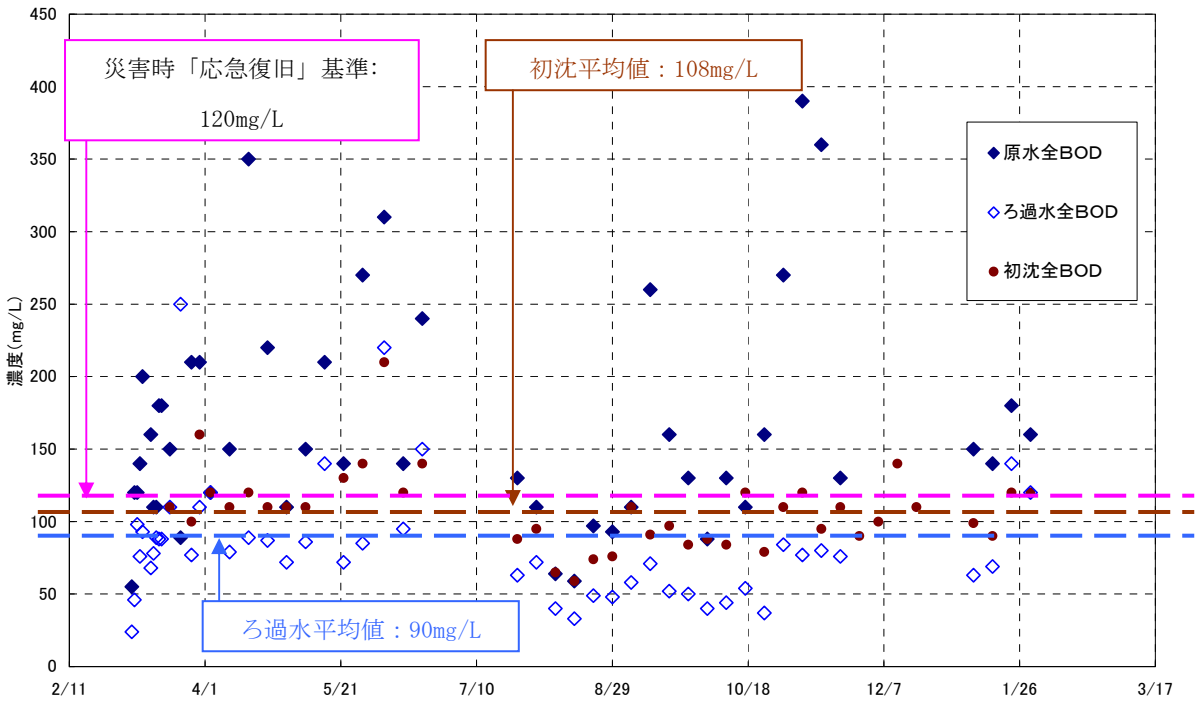
（超高効率固液分離槽ろ過速度：250m/日～300m/日，既設最初沈殿池の水面積負荷：30～50 $m^3/(m^2\cdot日)$）

SS 濃度については，原水濃度が 37mg/L～470mg/L（平均：128mg/L）と変動する中，ろ過水は 12mg/L～160mg/L（平均：42mg/L），初沈上澄水は 39mg/L～96mg/L（平均：54mg/L）であり，従来技術を上回る結果であった。

また，全 BOD については，原水濃度が 41mg/L～420mg/L（平均：175mg/L）と変動する中，ろ過水は 21mg/L～250mg/L（平均：90mg/L），初沈上澄水は 59mg/L～210mg/L（平均：108mg/L）であり，SS と同様に従来技術を上回る結果であった。



図資１．１－１６　SS 濃度の日間変動



図資１．１－１７　全 BOD 濃度の日間変動

1.1.6　雨天時処理性能

雨天時の処理性能調査を実施した結果を以下に記す。

調査は計２回実施し，ろ材Ａを用いて，ろ過速度700m/日～800m/日の範囲で運転したものをRUN1，ろ材Ａとろ材Ｂを用いて，ろ過速度400m/日～500m/日の範囲で運転したものをRUN2とする。

なお，雨天時モードへの切替えは，既設中浜下水処理場西系の雨天時運転への切替えに同調させる形で行った。また，超高効率固液分離技術は既往の結果より，最大でろ過速度 1,200m/日までの運転が可能であるが，本実証研究においては最大800m/日までのデータを取得した。

まず，雨天時における運転の安定性を評価するために，雨天時稼動期間中の初期ろ過損失抵抗の経時変化を調査した。RUN1のデータを**図資１．１－１８**，RUN2のデータを**図資１．１－１９**に示す。運転開始前後に原水SS濃度の急激な上昇があり，逆洗回数が多くなる傾向が認められたものの，ろ材の流出や高速洗浄装置等の不具合は無く安定運転が可能であった。また，雨天時運転の前後で初期ろ過損失抵抗の値を比較した場合，値に変化はなく，ろ材層の目詰まりも無く良好な洗浄が実施されていることが確認された。

次に，処理性能について評価するため，雨天時稼動期間中のSSおよび全BODの経時変化を調査した。RUN1，RUN2それぞれの原水SS濃度と除去率の関係を**図資１．１－２０～図資１．１－２３**に，原水中全BOD濃度と除去率の関係を**図資１．１－２４～図資１．１－２７**に示す。

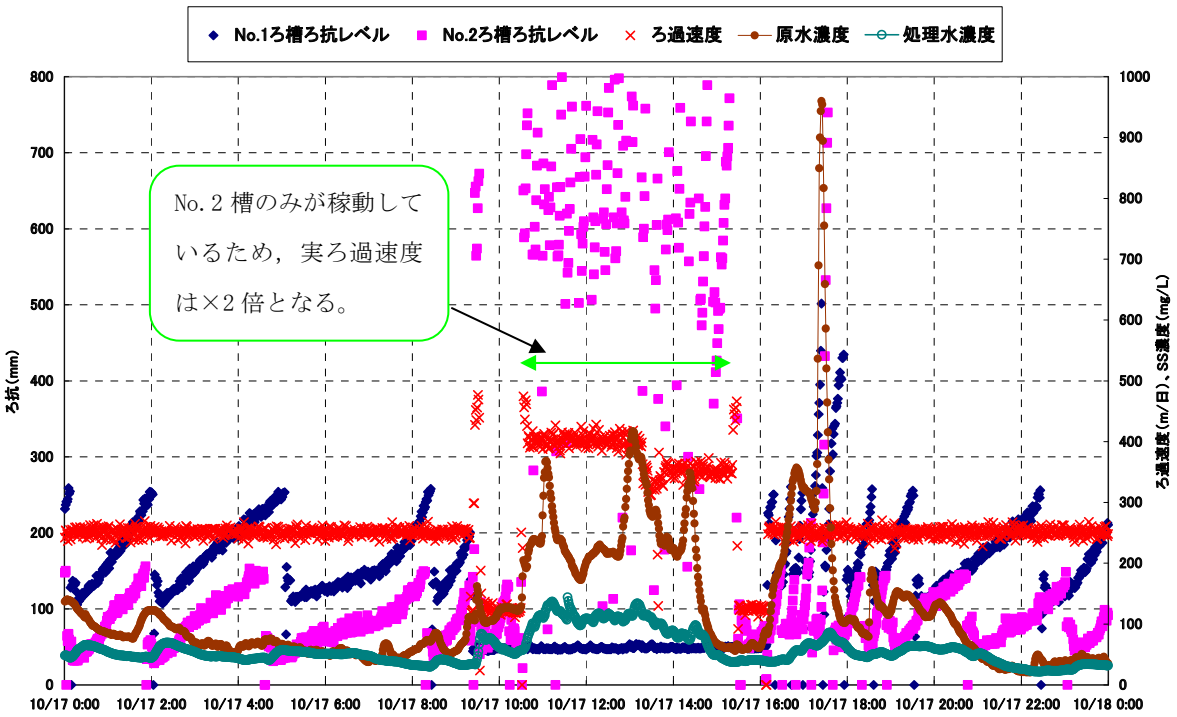
原水中のSS，全BOD共に比較的高濃度ではあったものの，ろ過速度400m/日から800m/日の間でSS除去率（平均）は52%～69%，全BOD除去率（平均）は46%～58%であった。晴天時の除去率と比較しても同等程度の除去率が得られており，雨天時汚水に対する高速ろ過速度運転が可能であることが確認された。

【運転の安定性】

RUN　　：1

対象槽　：No.2 槽

ろ材種別：ろ材 A,　ろ過速度：800m/日（10：40-13：15），700m/日（13：50-15：20）



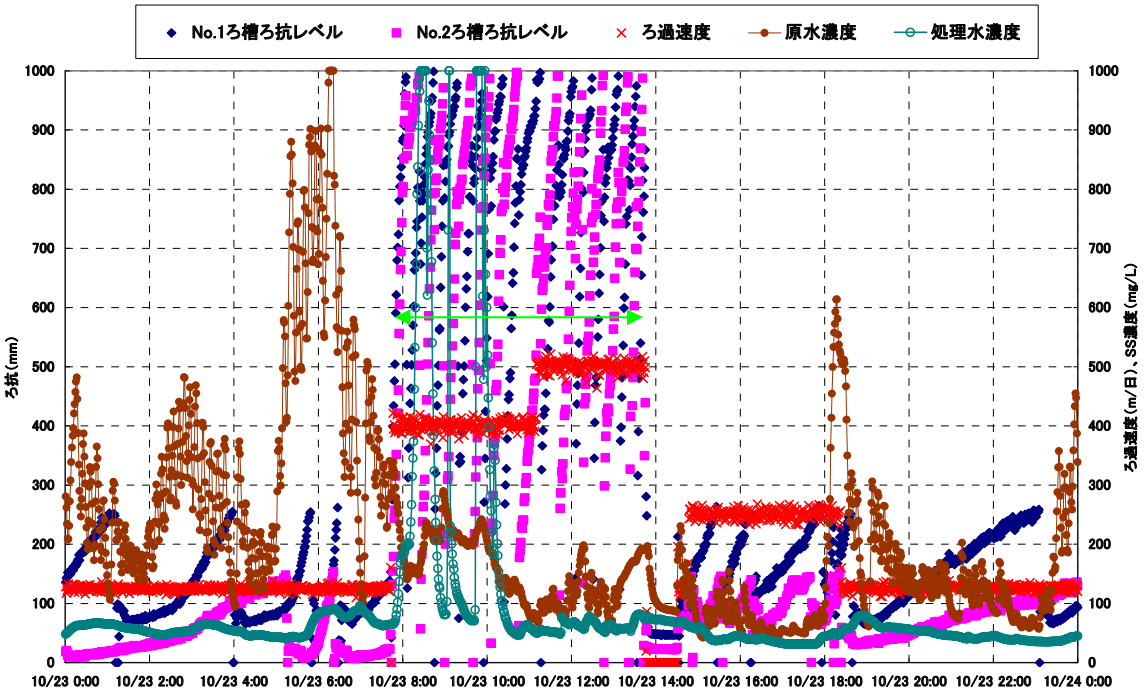
図資１．１－１８　初期ろ過損失抵抗経時変化（10/17）

RUN　　：2

対象槽　：No.1 槽，No.2 槽

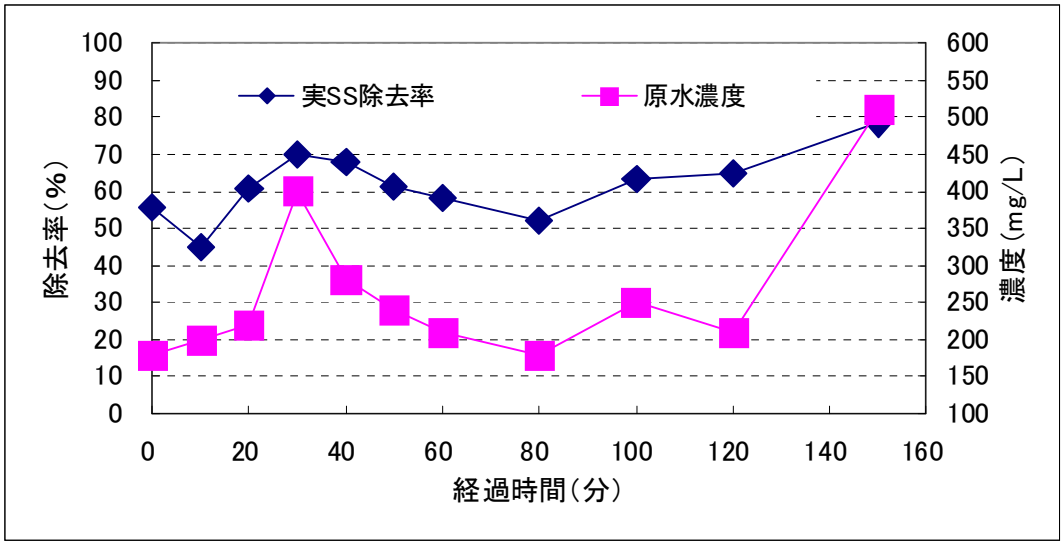
ろ材種別：ろ材 A（No.2 槽），ろ材 B（No.1 槽），

ろ過速度：400m/日（7：50-11：10），500m/日（11：10-13：45）



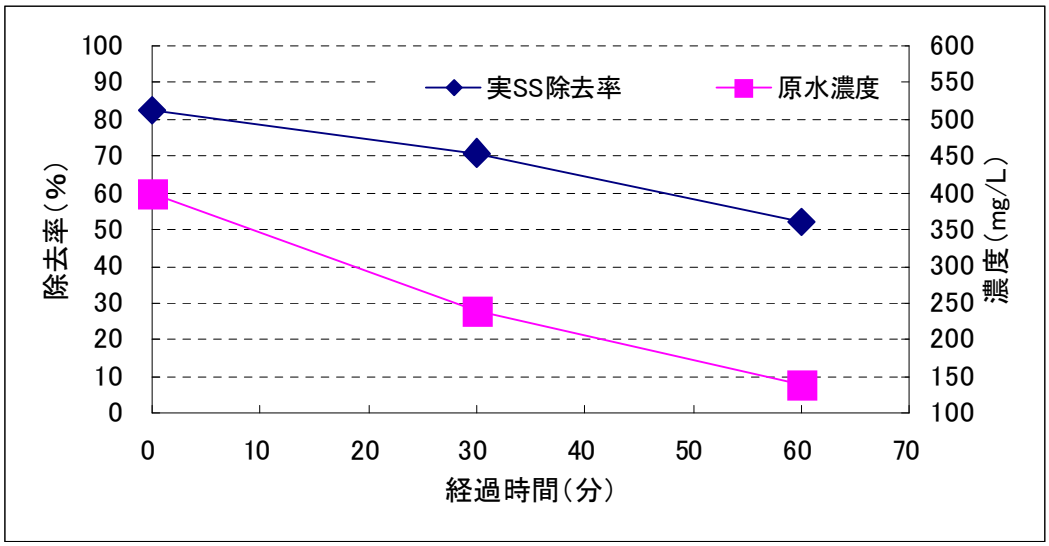
図資１．１－１９　初期ろ過損失抵抗経時変化（10/23）

【処理性能】



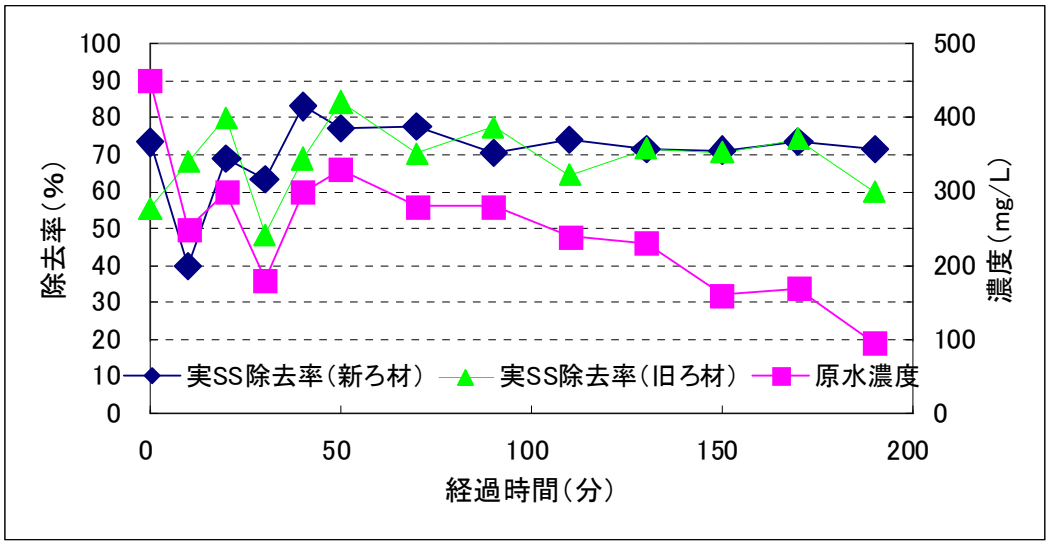
平均濃度 262 mg/L　　実平均除去率 62 %

図資1.1－20　原水 SS 濃度と除去率（ろ材 A，層厚 600mm，ろ過速度 800m/日）



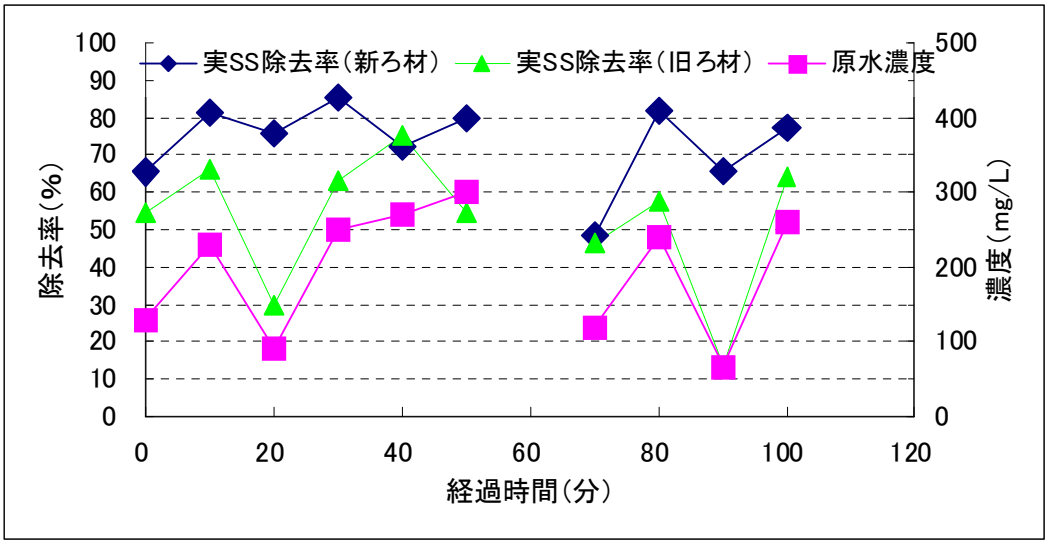
平均濃度 260 mg/L　　実平均除去率 68 %

図資1.1－21　原水 SS 濃度と除去率（ろ材 A，層厚 600mm，ろ過速度 700m/日）



平均濃度 251 mg/L　　平均除去率（B新） 70 %
平均除去率（A旧） 69 %

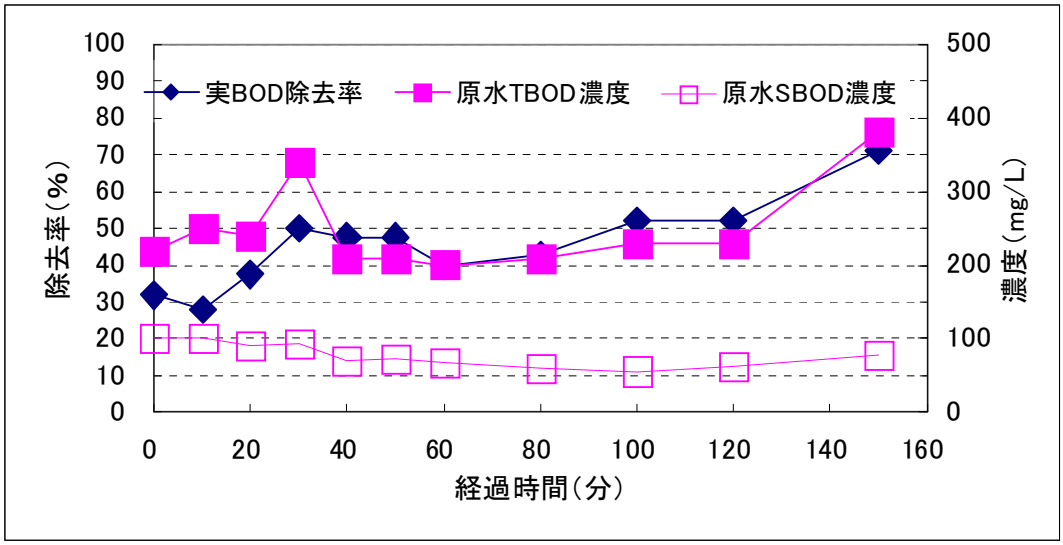
図資1.1－22 原水 SS 濃度と除去率（ろ材 A，ろ材 B，層厚 600mm，ろ過速度 400m/日）



平均濃度 196 mg/L　　平均除去率（B新） 73 %
平均除去率（A旧） 52 %

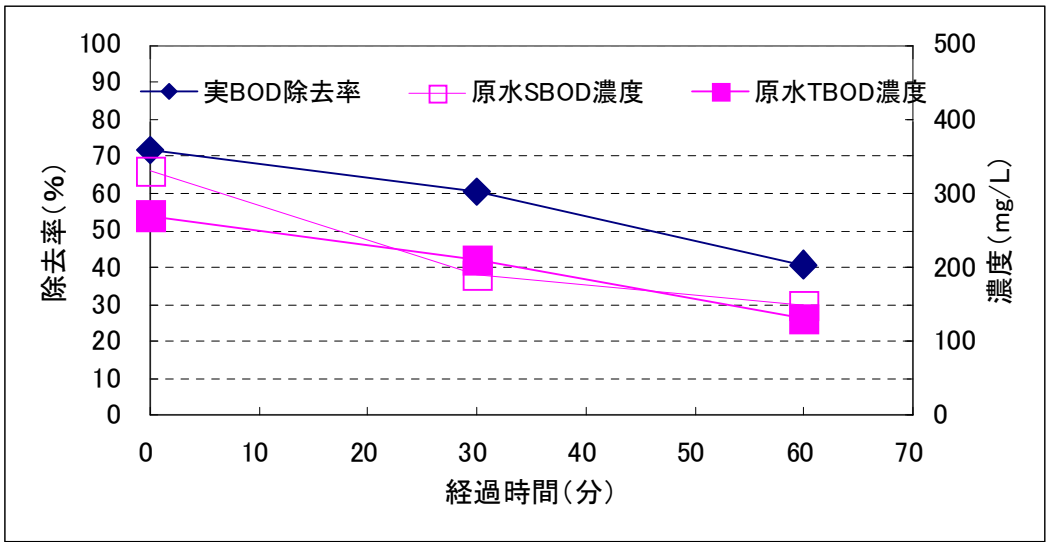
図資1.1－23 原水 SS 濃度と除去率（ろ材 A，ろ材 B，層厚 600mm，ろ過速度 500m/日）

【全 BOD 除去性能】



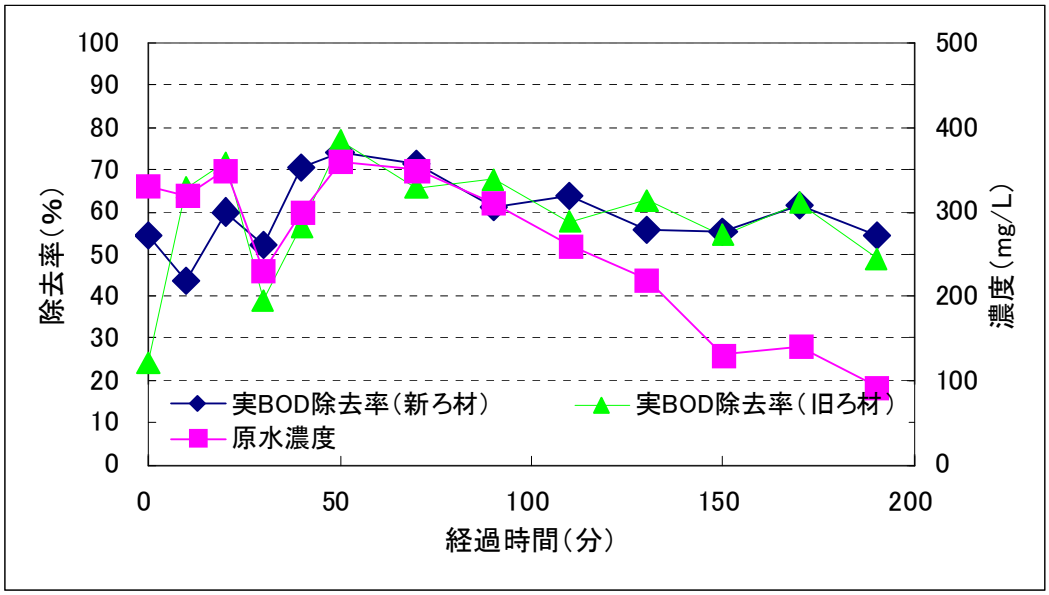
平均濃度 247 mg/L　　実平均除去率 46 %

図資1.1－24　原水全 BOD 濃度と除去率（ろ材 A，層厚 600mm，ろ過速度 800m/日）



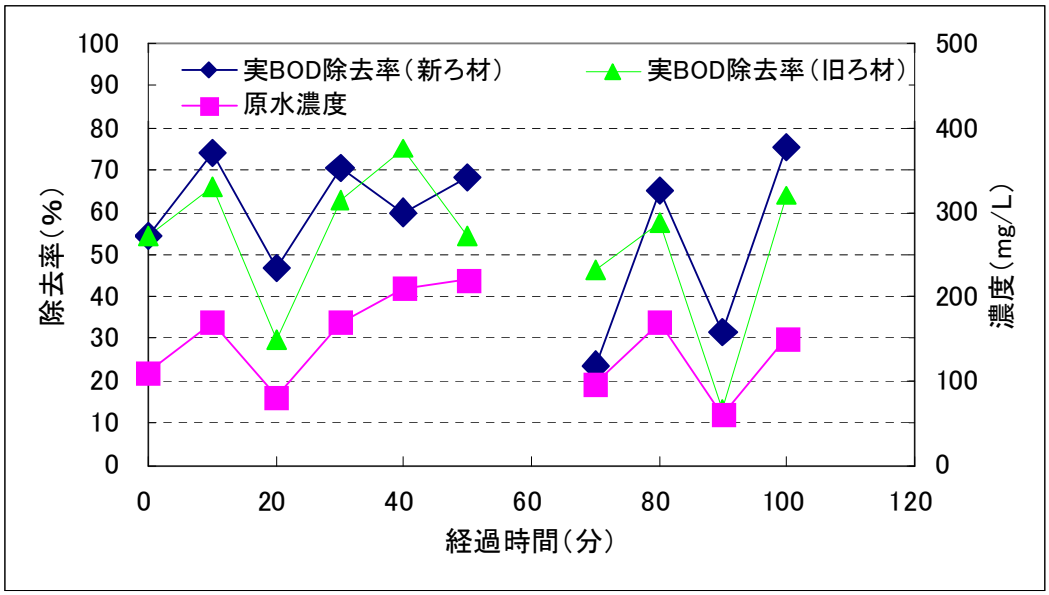
平均濃度 203 mg/L　　実平均除去率 58 %

図資1.1－25　原水全 BOD 濃度と除去率（ろ材 A，層厚 600mm，ろ過速度 700m/日）



平均濃度　261 mg/L　　平均除去率（B新）　60 %
平均除去率（A旧）　58 %

図資1.1－26　原水全 BOD 濃度と除去率（ろ材 A，ろ材 B，層厚 600mm，ろ過速度 400m/日）



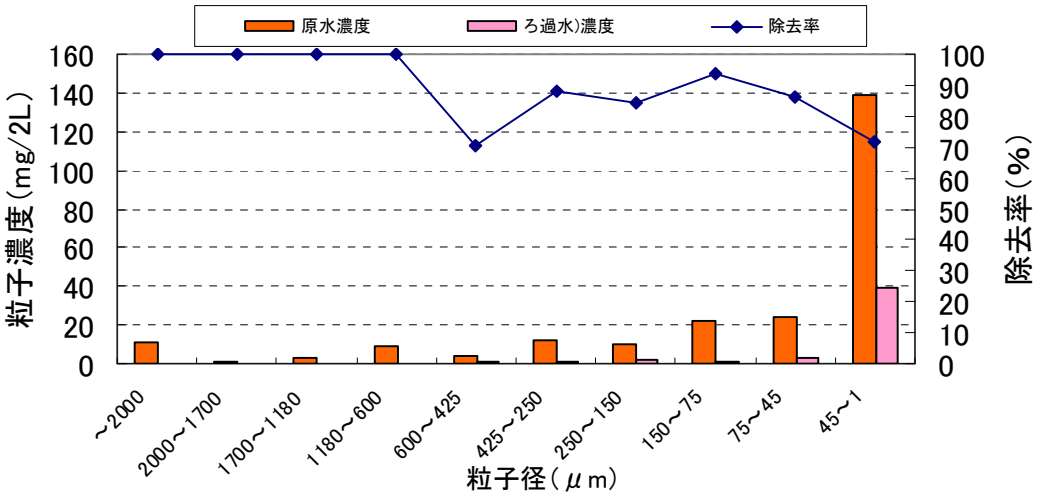
平均濃度　144 mg/L　　平均除去率（B新）　57 %
平均除去率（A旧）　52 %

図資1.1－27　原水全 BOD 濃度と除去率（ろ材 A，ろ材 B，層厚 600mm，ろ過速度 500m/日）

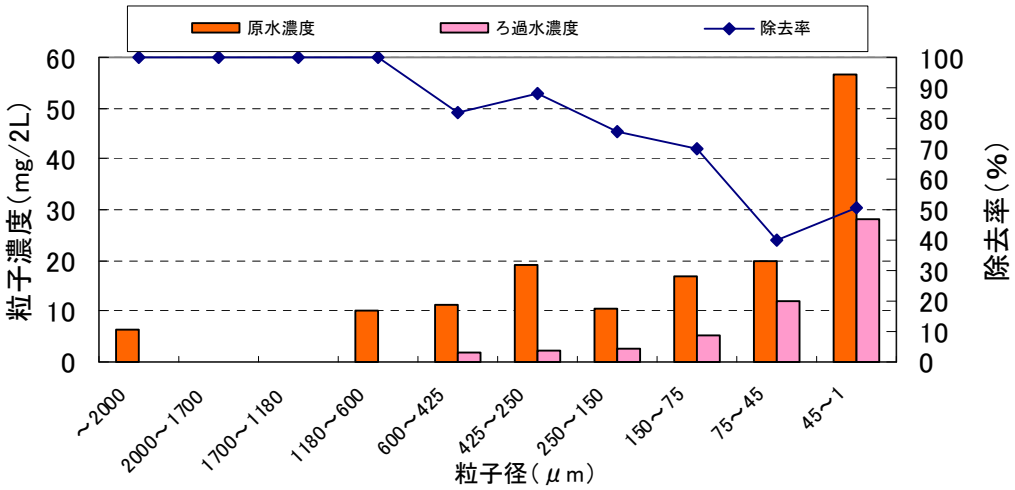
1.1.7　粒子径毎の除去性能

ろ過速度毎の粒子径除去特性を評価した。ろ過速度 250m/日のデータを**図資１．１－２８**に，ろ過速度 300m/日のデータを**図資１．１－２９**に，ろ過速度 500m/日のデータを**図資１．１－３０**に示す。

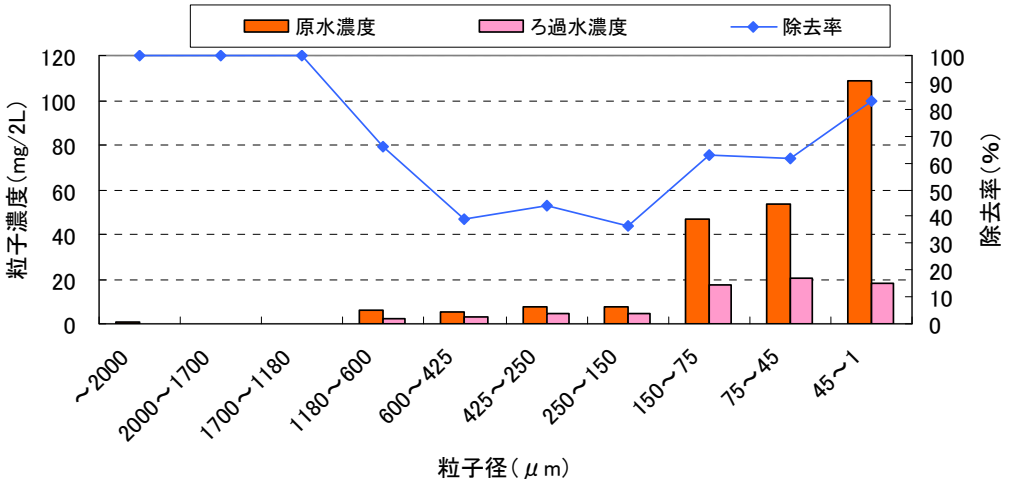
ろ過速度が 250m/日～300m/日の範囲では粒子径 75μm 以上の粒子に対して 70%～100%の高い除去率が得られた。特に，粒子径が約 1mm 以上の粒子についてはろ過速度に関係なくほぼ 100%除去された。なお，ろ過速度 500m/日では粒子径 1,180μm～150μm の粒子に対して除去率が低くなる傾向が確認されたが，理由としては上記粒子径範囲の原水中粒子濃度が低かったことが考えられる。



図資１．１－２８　ろ過速度 250m/日における粒子径毎除去率（ろ材 B，層厚 600mm）



図資１．１－２９　ろ過速度 300m/日における粒子径毎除去率（ろ材 B，層厚 600mm）

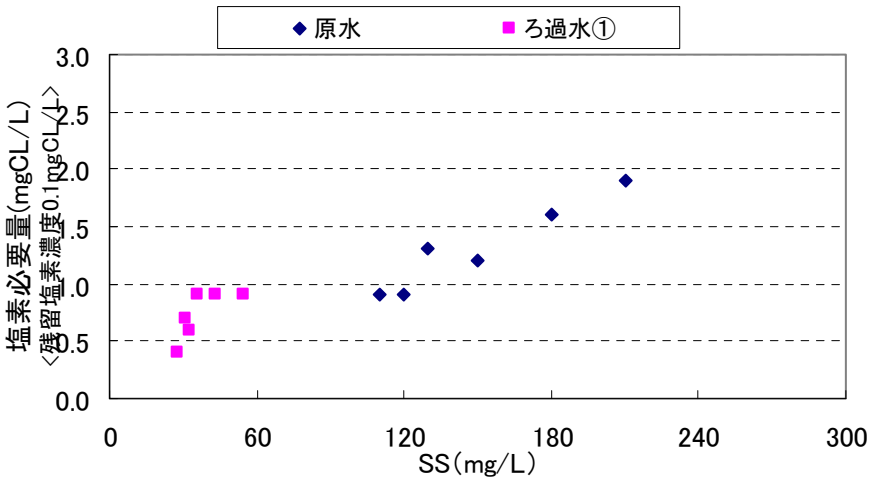


図資１．１－３０　ろ過速度 500m/日における粒子径毎除去率（ろ材 B，層厚 600mm）

1.1.8　塩素必要量

超高効率固液分離槽ろ過水と流入原水について，残留塩素濃度 0.1mgCL/L を満足させるために必要な塩素注入量を調査した結果を，**図資１．１－３１**に示す。

固液分離により塩素を消費する固形物分が除去されることで，必要塩素量も削減できると考えられる。



図資１．１－３１　原水とろ過水に対する塩素必要量（ろ材 B，ろ過速度 250m/日，層厚 600mm）

1.2　高効率高温消化技術

1.2.1　装置仕様，投入バイオマス性状

担体充填型消化タンクは，鋼製丸型槽で有効容量は 50m^3 であり，10 m^3/日の汚泥＋バイオマスを消化日数 5 日で処理を行うことが可能である。またガスホルダは 270 m^3 であり，燃料電池 100kW 出力時に必要な消化ガスを 5h 貯留できる容量として装置仕様を決定している。

(1)　生汚泥

生汚泥分析値(平均)を**表資１．２－１**に示す。

表資１．２－１　生汚泥分析結果平均値

項目		単位	生汚泥		
			平均値	最小値	最大値
TS		%	2.30	1.08	3.37
VTS		%/TS	85.9	74.4	89.4
灰分		%	0.32	0.11	0.86
CODcr		mg/L	28,000	14,000	41,000
BOD		mg/L	8,500	3,700	14,000
Kj-N		mg/L	740	320	1,200
T-P		mg/L	150	60	260
n-Hex 抽出物質		mg/L	1,600	600	2,700
元素組成	C	%/TS	42.7	36.7	45.0
	H	%/TS	6.57	5.20	7.70
	N	%/TS	2.87	2.16	3.90
	O	%/TS	33.3	28.8	36.5
食品成分	炭水化物	%/VS	71.6	62.6	82.4
	たんぱく質	%/VS	19.5	13.6	28.0
	脂質	%/VS	8.9	4.0	13.0

(2) 生ごみ

生ごみの性状を**表資１．２－２**に示す。生ごみは不均質で精度の高い分析値が得られないため，比較的均質な生汚泥と生ごみスラリーの分析値と希釈率を基に生ごみの各項目値を算出した。

表資１．２－２　生ごみ分析結果

項目		単位	生ごみ		
			平均値	最小値	最大値
TS		%	30.70	25.60	37.50
VTS		%/TS	96.7	93.4	98.0
灰分		%	1.00	0.50	2.49
CODcr		mg/L	440,000	323,000	811,000
BOD		mg/L	260,000	157,000	483,000
Kj-N		mg/L	10,400	8,200	14,900
T-P		mg/L	720	320	1,460
n-Hex 抽出物質		mg/L	65,000	42,000	124,000
元素組成	C	%/TS	53.8	46.9	62.2
	H	%/TS	8.07	6.11	9.56
	N	%/TS	3.65	2.96	4.48
	O	%/TS	30.9	19.4	37.3
食品成分	炭水化物	%/VS	48.7	12.5	68.7
	たんぱく質	%/VS	21.1	17.5	25.9
	脂質	%/VS	30.2	12.0	61.9

(3) 投入基質

生ごみ：下水生汚泥＝1:0.7（TS 量比）実験時の投入基質全体性状の一例を**表資１．２－３**に示す。

※投入基質 ＝ 生ごみスラリー(生ごみ＋希釈用生汚泥) ＋ 生汚泥

表資１．２－３　投入基質の平均性状

項目		単位	投入基質		
			平均値	最小値	最大値
TS		%	3.43	2.17	7.23
VTS		%/TS	87.3	77.8	91.1
灰分		%	0.44	0.19	1.61
CODcr		mg/L	44,000	26,000	88,000
BOD		mg/L	19,000	9,000	43,000
Kj-N		mg/L	1,100	800	2,400
T-P		mg/L	180	100	320
n-Hex 抽出物質		mg/L	4,100	1,500	9,200
元素組成	C	%/TS	44.0	38.8	48.9
	H	%/TS	6.75	5.53	7.72
	N	%/TS	2.96	2.33	3.85
	O	%/TS	33.0	27.8	35.8
食品成分	炭水化物	%/VS	68.9	61.4	81.2
	たんぱく質	%/VS	21.1	17.5	25.9
	脂質	%/VS	30.2	12.0	61.9

1.2.2　試験期間全体の消化実績

消化タンクの改造工事により，攪拌・基質分散改善後について，基質投入量・ガス発生量・VS分解率等の消化実績を**図資１．２－１**に示す。

7/10 に生汚泥の投入を開始し，7/25 に定格(HRT5 日)に到達した。その後，8/1 に生ごみの投入を開始，8/9 に所定 TS 量比率での定格(HRT5 日)に到達した。

以後，以下の通り，実験実施した。

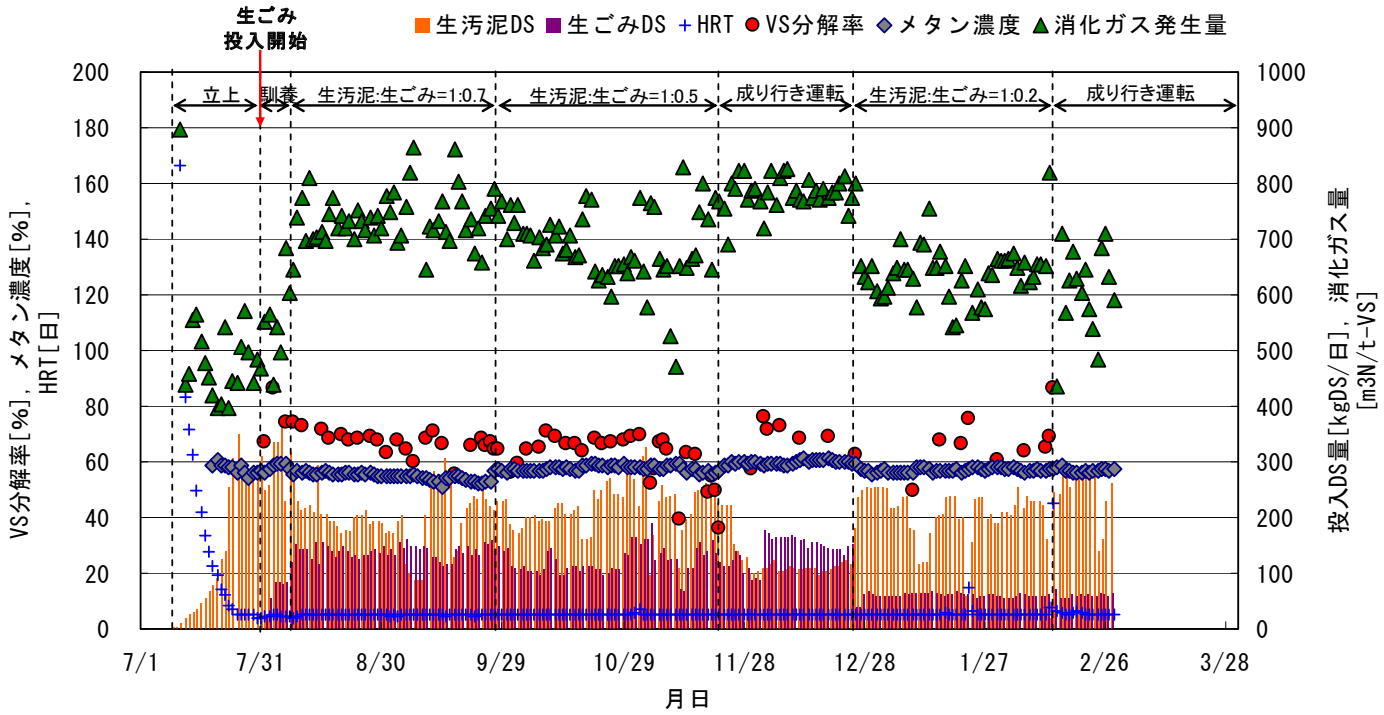
8/9～9/30　　：生汚泥：生ごみ＝1：0.7（TS 量比）

10/1～11/11　：生汚泥：生ごみ＝1：0.5（TS 量比）。循環ポンプ運転。

11/12～11/25：生汚泥：生ごみ＝1：0.5（TS 量比）。循環ポンプ停止。

12/26～2/15　：生汚泥：生ごみ＝1：0.2（TS 量比）

8/1～9/30 の期間において HRT=5 日で 61 日間連続運転を達成。その後も投入負荷を変えて 2/28 までの 228 日間 HRT=5 日で連続運転を達成した（稼働率 100%）。

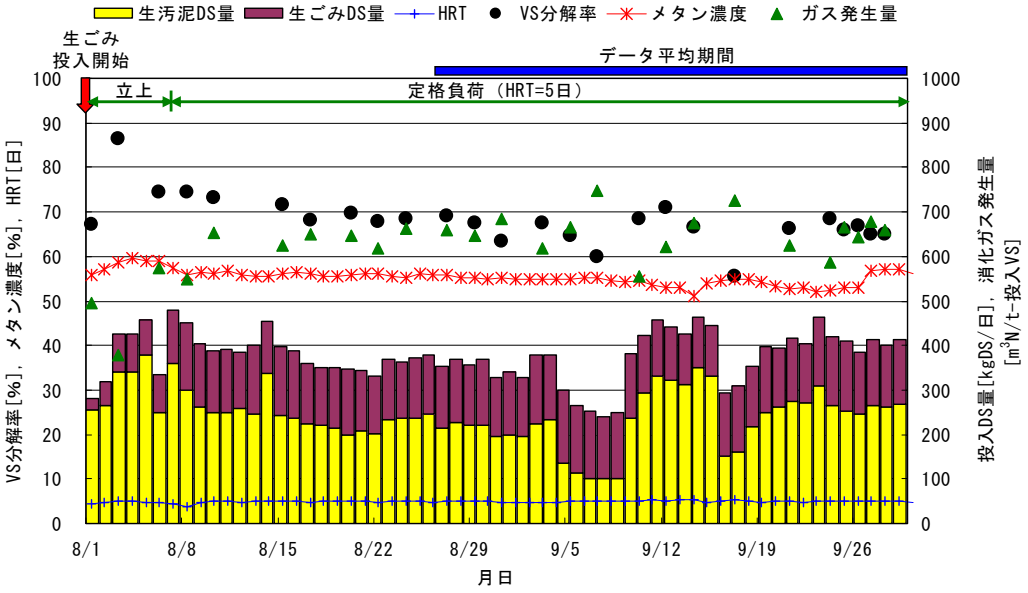


図資１．２－１　試験期間全体の運転データ

1.2.3　試験結果（生汚泥と生ごみの固形物比率の影響）

(1) 生汚泥：生ごみ＝1：0.7

生汚泥：生ごみ=1：0.7 の条件における運転データを**図資１．２－２**に示す。また，HRT の 3 倍以上経過し，槽内が十分安定化したと考えられる期間(図中データ平均期間)について算出した各項目別の分解率を**表資１．２－４**に示す。



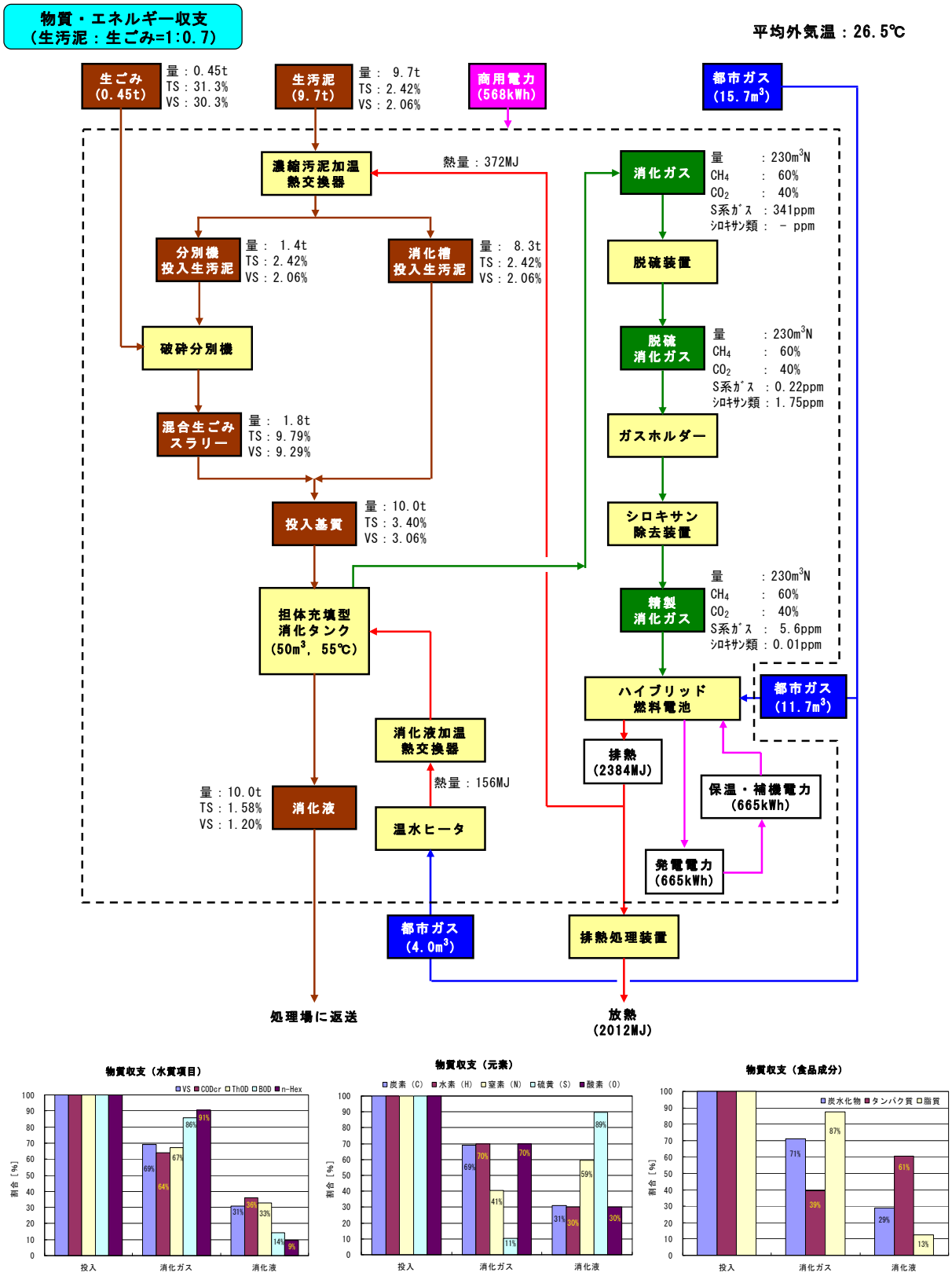
図資１．２－２　高効率高温消化タンクの運転データ（生汚泥：生ごみ=1：0.7）

表資１．２－４　各項目別の分解率（生汚泥：生ごみ=1：0.7）

項　　目	単位	投入量 a	排出量 b	a-b	分解率 (%)
消化槽投入	m3	10.0	8.7	1.3	
TS	kg	386	139	247	64.0
VS	kg	307	105	202	65.8
VS（VFA加	kg	353	106	247	70.0
VTS	%/TS	91.4	76.1		
灰分	kg	33	33	0.0	
SS	kg	267	87	180	67.3
VSS	kg	242	63	178	73.7
ＣＯＤｃｒ	kg	491	162	329	67.1
ATU－BOD	kg	204	27	177	86.6
Kj-N	kg	12.1	10.6	1.6	
n-Hex抽出	kg	46.2	3.9	42.3	91.5
T－P	kg	1.74	1.31	0.43	
炭素（C）	kg	164.0	50.0	114.0	
水素（H）	kg	26.1	7.8	18.3	
窒素（N）	kg	10.3	6.0	4.3	
硫黄（S）	kg	1.61	1.38	0.23	
酸素（O）	kg	123.5	36.3	87.2	
炭水化物	kg	222.2	60.9	161.2	72.6
タンパク質	kg	61.9	35.6	26.3	42.5
脂質	kg	41.4	4.9	36.5	88.1
ThOD	kg	505.5	150.7	354.9	70.2

生汚泥：生ごみ=1：0.7 の条件において，VS 分解率は平均で 70%，消化ガス量は平均で 759m^{3}N/t-VS であった。また，分析項目毎の分解率は**表資１．２－１**に示したように，CODcr が 67.1%，BOD が 86.6%，n-Hex 抽出物質が 91.5%，炭水化物が 72.6%，タンパク質が 42.5%，脂質が 88.1%であった。

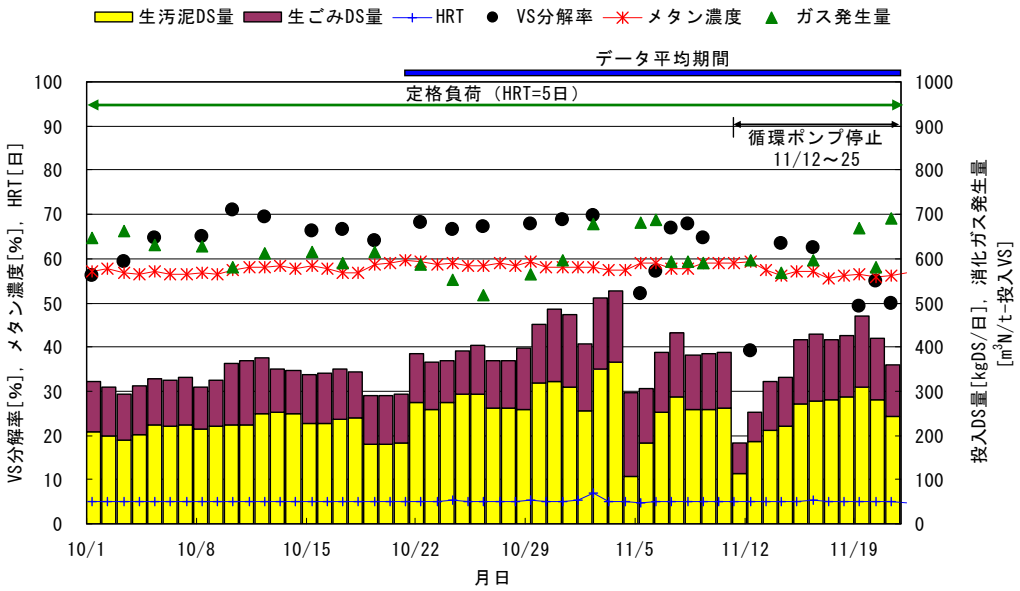
この試験条件での物質・エネルギー収支を**図資１．２－３**に示す。



図資１．２－３　消化工程における物質・エネルギー収支（生汚泥：生ごみ=1：0.7）

(2) 生汚泥：生ごみ＝1：0.5

生汚泥：生ごみ=1：0.5 の条件における運転データを**図資１．２－４**に示す。また，HRT の 3 倍以上経過し，槽内が十分安定化したと考えられる期間(図中データ平均期間)について算出した各項目別の分解率を**表資１．２－５**に示す。



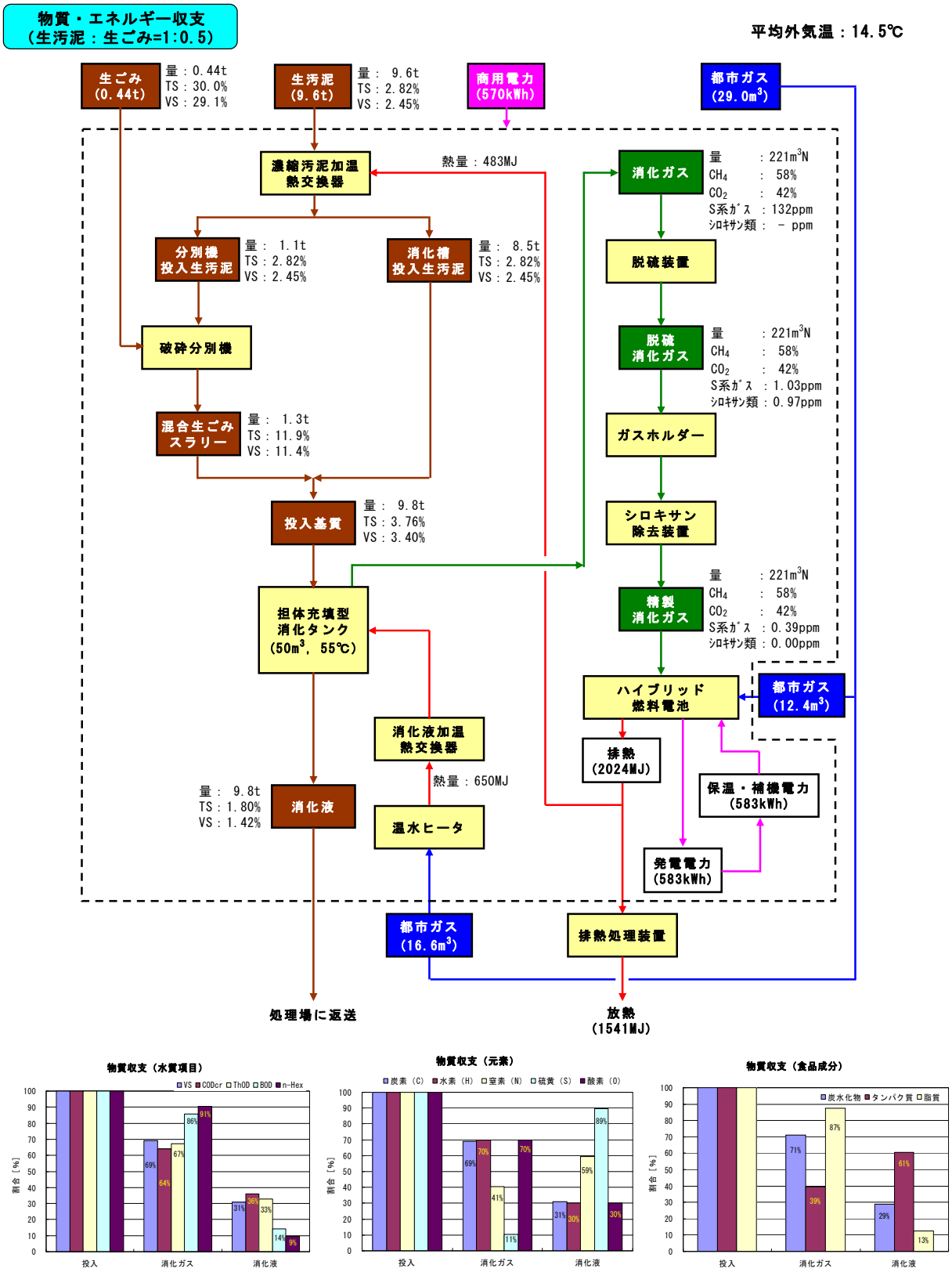
図資１．２－４　高効率高温消化タンクの運転データ（生汚泥：生ごみ=1：0.5）

表資１．２－５　各項目別の分解率（生汚泥：生ごみ=1：0.5）

項　　目	単位	投入量 a	排出量 b	a-b	分解率 (%)
消化槽投入	m3	9.8	9.5	0.3	
TS	kg	408	171	237	58.1
VS	kg	333	135	198	59.4
VS（VFA加	kg	372	136	237	63.5
VTS	%/TS	91.4	79.5		
灰分	kg	35	35	0.2	
SS	kg	258	113	146	56.4
VSS	kg	232	85	147	63.5
ＣＯＤｃｒ	kg	458	219	238	52.1
ATU－BOD	kg	204	44	160	78.4
Kj-N	kg	11.2	12.6	-1.3	
n-Hex抽出	kg	49.4	10.1	39.3	79.5
T－P	kg	1.60	1.79	-0.20	
炭素（C）	kg	158.2	72.5	85.7	
水素（H）	kg	23.4	10.3	13.2	
窒素（N）	kg	10.8	7.9	2.9	
硫黄（S）	kg	1.72	1.75	-0.03	
酸素（O）	kg	115.9	47.5	68.4	
炭水化物	kg	214.3	87.8	126.5	59.0
タンパク質	kg	58.1	44.5	13.5	23.3
脂質	kg	37.8	7.7	30.1	79.7
ThOD	kg	475.8	216.4	259.4	54.5

生汚泥：生ごみ=1：0.5 の条件において，VS 分解率は平均で 63.5%，消化ガス量は平均で 671m^{3}N/t-VS であった。また，分析項目毎の分解率は**表資１．２－５**に示したように，CODcr が 52.1%，BOD が 78.4%，n-Hex 抽出物質が 79.5%，炭水化物が 59.0%，タンパク質が 23.3%，脂質が 79.7%であった。

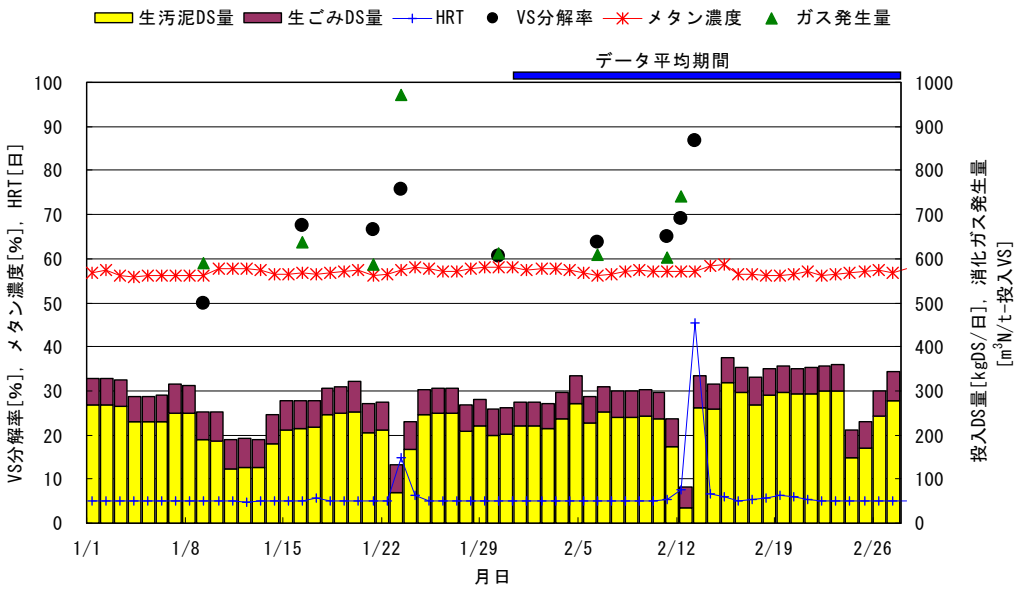
この試験条件での物質・エネルギー収支を**図資１．２－５**に示す。



図資１．２－５　消化工程における物質・エネルギー収支（生汚泥：生ごみ=1：0.5）

(3) 生汚泥：生ごみ＝1：0.2

生汚泥：生ごみ=1：0.2 の条件における運転データを**図資１．２－６**に示す。また，HRT の 3 倍以上経過し，槽内が十分安定化したと考えられる期間(図中データ平均期間)について算出した各項目別の分解率を**表資１．２－６**に示す。



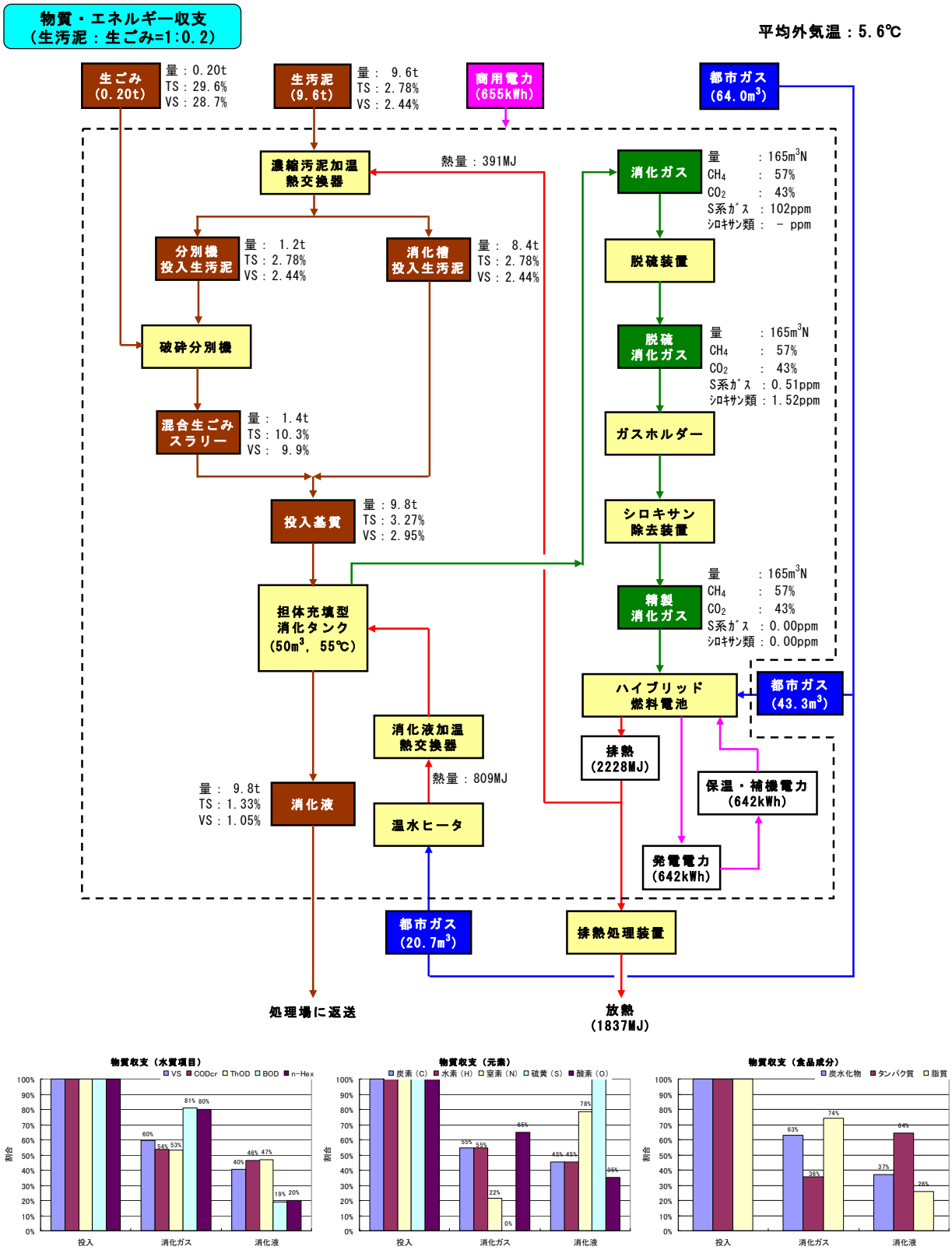
図資１．２－６　高効率高温消化タンクの運転データ（生汚泥：生ごみ=1：0.2）

表資１．２－６　各項目別の分解率（生汚泥：生ごみ=1：0.2）

項　　目	単位	投入量 a	排出量 b	a-b	分解率 (%)
消化槽投入	m3	9.8	9.9	-0.1	
TS	kg	290	123	167	57.6
VS	kg	245	99	147	59.7
VS（VFA加	kg	266	99	167	62.7
VTS	%/TS	91.8	80.4		
灰分	kg	24	24	0.0	
SS	kg	206	77	129	62.5
VSS	kg	191	60	131	68.8
ＣＯＤｃｒ	kg	336	156	180	53.6
ATU－BOD	kg	133	25	107	80.8
Kj-N	kg	9.8	10.3	-0.4	
n-Hex抽出	kg	23.6	4.7	18.9	80.2
T－P	kg	1.96	2.15	-0.19	
炭素（C）	kg	112.6	51.2	61.4	
水素（H）	kg	18.4	8.3	10.1	
窒素（N）	kg	8.6	6.7	1.8	
硫黄（S）	kg	0.99	1.06	-0.07	
酸素（O）	kg	88.6	31.2	57.4	
炭水化物	kg	162.4	60.3	102.0	62.8
タンパク質	kg	52.4	33.7	18.7	35.7
脂質	kg	22.0	5.7	16.3	74.1
ThOD	kg	343.8	161.2	182.6	53.1

生汚泥：生ごみ=1：0.2 の条件において，VS 分解率は平均で 59.6%，消化ガス量は平均で 608m^3N/t-VS であった。また，分析項目毎の分解率は**表資１．２－６**に示したように，CODcr が 53.6%，BOD が 80.8%，n-Hex 抽出物質が 80.2%，炭水化物が 62.8%，タンパク質が 35.7%，脂質が 74.1%であった。

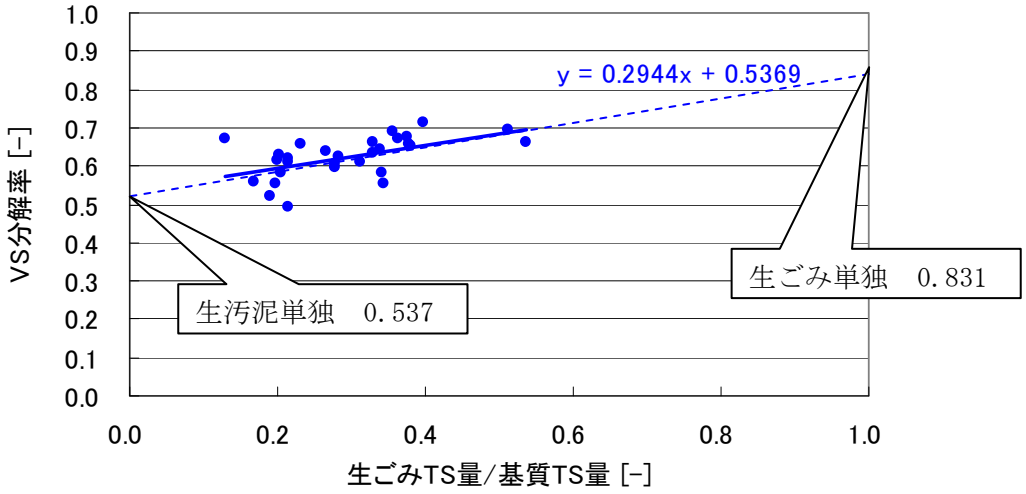
この試験条件での物質・エネルギー収支を**図資１．２－７**に示す。



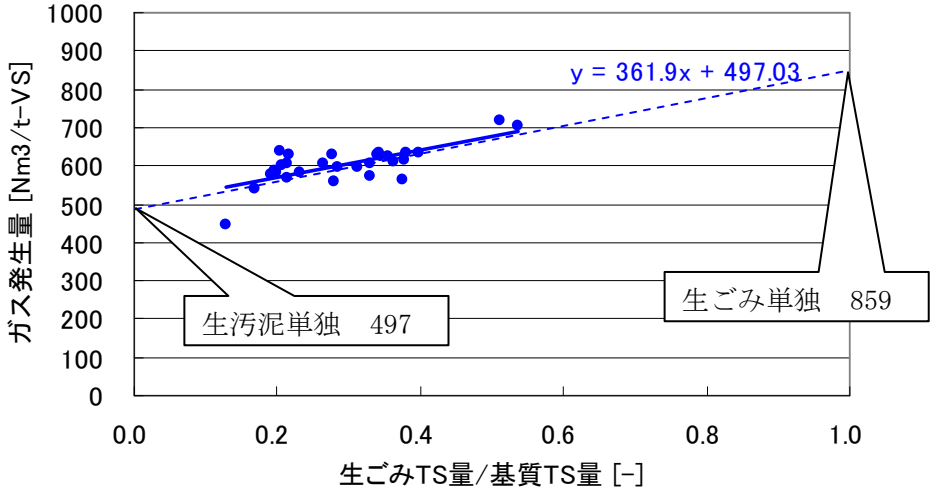
図資１．２－７　消化工程における物質・エネルギー収支（生汚泥：生ごみ=1：0.2）

(4)　基質毎の分解率と消化ガス量

生汚泥：生ごみ＝1：0.2，1:0.5，1:0.7 の条件において，1 週間毎の平均消化性能を算出した。基質中の生ごみ TS 割合に対する VS 分解率を**図資１．２－８**に，ガス発生量を**図資１．２－９**に示す。また，**図資１．２－８**および**図資１．２－９**の近似式より算出した各単独基質の消化性能（各グラフ横軸 0 が生汚泥単独，横軸 1 が生ごみ単独）および生汚泥：生ごみ＝1：0.7 の条件における消化性能を**表資１．２－７**に示す。1：0.7 の定格負荷条件において，VS 分解率が 65.8%，ガス発生量は 646Nm3/t-VS であった。



図資１．２－８　生ごみ混合比率と VS 分解率の関係



図資１．２－９　生ごみ混合比率と消化ガス発生量の関係

表資１．２－７　単独基質および生汚泥：生ごみ＝1：0.7 の条件における消化性能

基質の種類	ＶＳ分解率（%）	ガス発生量 Nm3/t-VS）
生汚泥単独	53.7	497
生ごみ単独	83.1	859
1:0.7	65.8	646

1.2.4　試験結果（金属塩添加要否の検討）

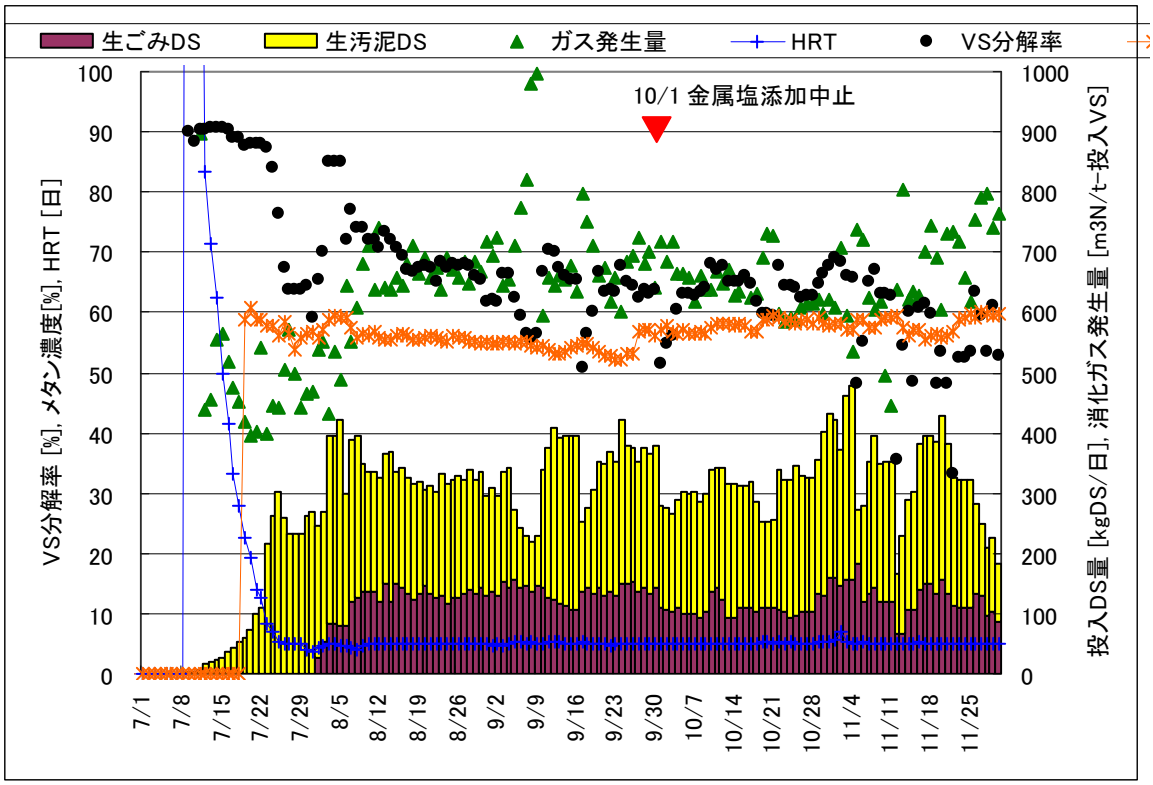
投入基質中の微量金属含有量分析結果を，**表資１．２－８**に示す。木田らによる必要量を十分満足することが確認されたため，10/1 より金属塩の添加を中止した。

図資１．２－１０に示すとおり，金属塩添加を中止しても破綻することなく，安定的に消化が可能であることが確認された。

表資１．２－８　投入基質中の微量金属含有量

対象物質	含有量（μg/L-基質）	必要量基準※1	基準量に対する倍数
コバルト	115	26	約 4 倍
ニッケル	4,020	30	約 130 倍
鉄	2634,000	840	約 310 倍

※１：木田健次（熊本大学），「メタン発酵の代謝経路とその変換」，環境管理，Vol.35，No6，p.27-34，(1999)



図資１．２－１０　金属塩添加中止前後での消化実績

1.3　スマート発電システム技術

中浜処理場での実証実験結果からの考察

例として,11 月 26 日～2 月 1 日の２ケ月間に実施したデマンド制御運転および発電機特性確認実験の結果について，以下の通り考察する。なお，１項の燃料電池発電効率については昨年度 1 年間の実績値から算出した。

１．燃料電池発電効率(LHV)

期間中(2012-2-21～2013-3-7)の燃料電池総発電力量は 216,948kWh，消化ガス総消費量は 50,136 ㎥N（平均メタンガス濃度 59.9%），都市ガス総消費量は 16,296 ㎥N から，平均発電効率は 45.0%であった。また，期間中の発電効率は４０～５０％の間で変動・推移したが，目標４０％以上の効率確保は常時達成した。

図資１．３－１　発電効率の経時変化

また，期間中に生成した消化ガスは，以下の余剰ガス燃焼装置の動作確認試験以外では使用していないことから，生成した消化ガスは実質１００％利用されたことになる。

①2012 年 5 月 3 日　7.5 時間×14 ㎥/h･･･動作良好，ガスホルダ内ガス消費量確認ほか

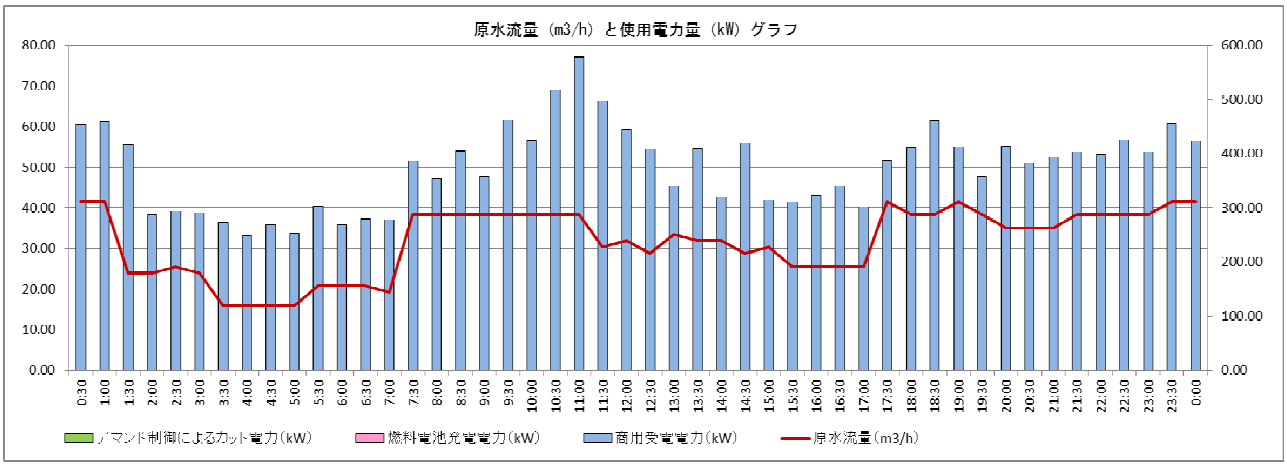
②2012 年 5 月 4 日　3.5 時間×14 ㎥/h･･･動作良好，同上

なお，本記録は，余剰ガス燃焼装置の動作は手動制御のため，日報からの抜粋である。

２．デマンド制御実験

①成行運転結果

本運転は，11 月 26 日～12 月 4 日の間で，実験設備の自動運転における消費電力の動向を把握するために実施した。下図の 11 月 30 日がその平均的な運転パターンで，11:00 に 77kW のデマンドピークが出ている。

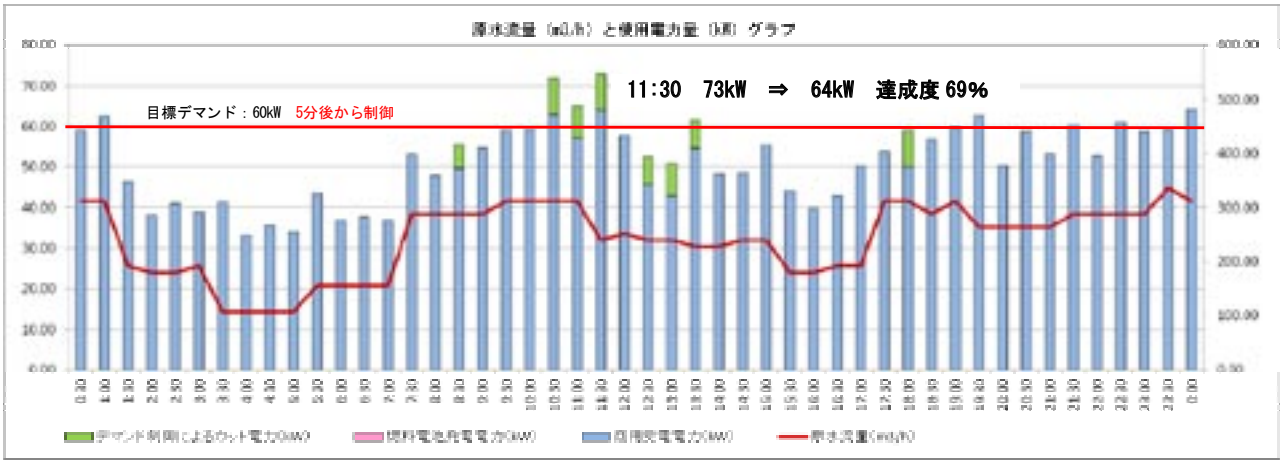


図資１．３－２　成行運転の使用電力量

②デマンド制御運転結果

本運転は，12 月 5 日～9 日の間でデマンド制御の目標値を 60kW に設定し実施した。下図の 12 月 6 日の実施例では,8 回の制御が実施された。図中の緑色部分がカット制御された負荷で，設定した制御対象設備の負荷容量が不足していたため，目標値を達成できなかった 11:30 の実施においては，カット率 12.3%，目標達成度 69%であった。（目標値 60kW,仕上り実績値 64kW，カット量 9kW，カット率 9/(64+9)，目標達成度 9/(64-60+9)から算出）

なお，設備の停止による処理への悪影響は無かった。

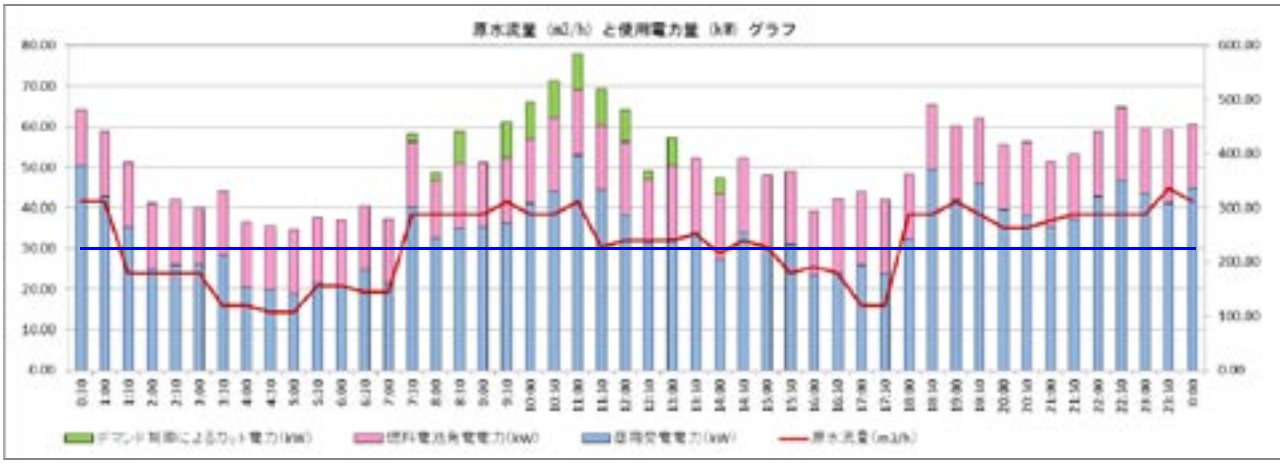


図資１．３－３　デマンド制御運転の使用電力量

③発電機出力一定運転＋デマンド制御運転結果

本運転は，12 月 10 日～16 日の間で，発電機の出力を 30kW 一定運転で，デマンド制御の目標値を 50kW に設定し実施した。下図の 12 月 14 日の実施例では，12 回の制御が実施された。図中の緑色部分がカット制御された負荷，桃色部分が発電電力で，11:00 を除き，ほぼ目標を達成した。また，買電電力量の削減効果は，成り行き時の使用電力量が 1,648kWh(日量換算値)で，デマンド制御量が 39kWh，発電電力量が 871kWh から，削減率で 55%となった。

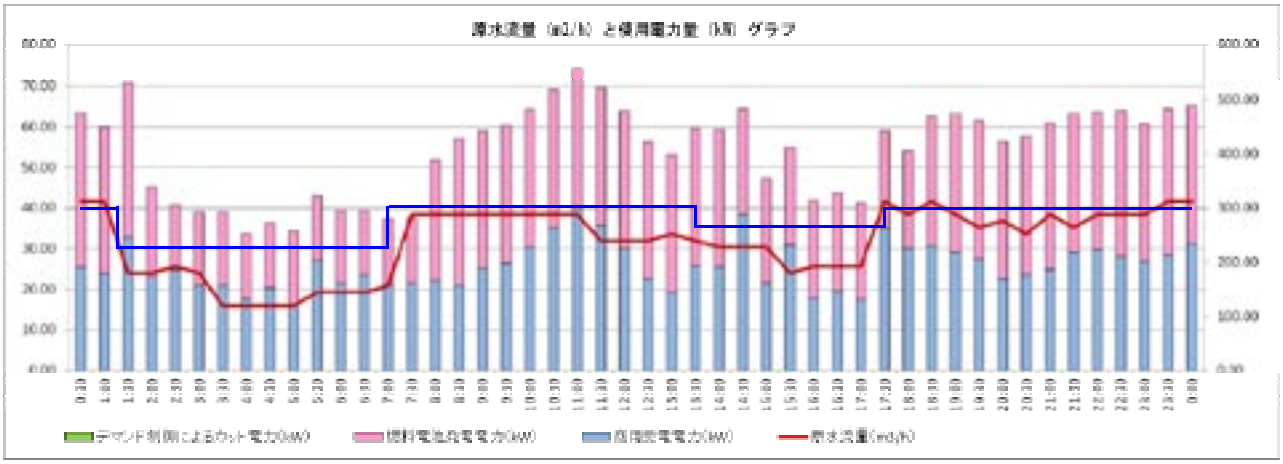
なお，今回も設備の停止による処理への悪影響は無かった。



図資１．３－４　発電機出力一定＋デマンド制御運転の使用電力量

④発電機パターン制御運転結果

本運転は，12 月 17 日～24 日の間で，発電機の出力を負荷変動に合わせ 1 日 4 回の上げ下げのパターンを設定し実施した。下図の 12 月 21 日の実施例では，図中の桃色部分が発電電力で，発電機の出力調整だけでも商用受電電力の変動が平滑化できることが分かる。さらに細かくパターンを設定れば今回の結果以上の平滑化が期待できる。（商用受電電力の最大値と最小値の差を最小にする最適化制御技術の適用による）



図資１．３－５　発電機出力パターン制御のみの使用電力量

３．発電機特性確認試験

消化ガスと都市ガスの燃料混合比を変え発電機特性の確認実験を実施した。

燃料電池セルの温度が安定するには，最低３時間程度の一定出力運転が必要であることが確認できた。

○発電出力（増・減）制御

10kW 出力変更には，２～３分程度，20kW では４～５分程度必要であることから，ＡＦＣ運転（周波数制御）等のリアルタイムな制御運転には適さない。ベースロード対応として，出力一定運転がベストである。

○ガス消費量

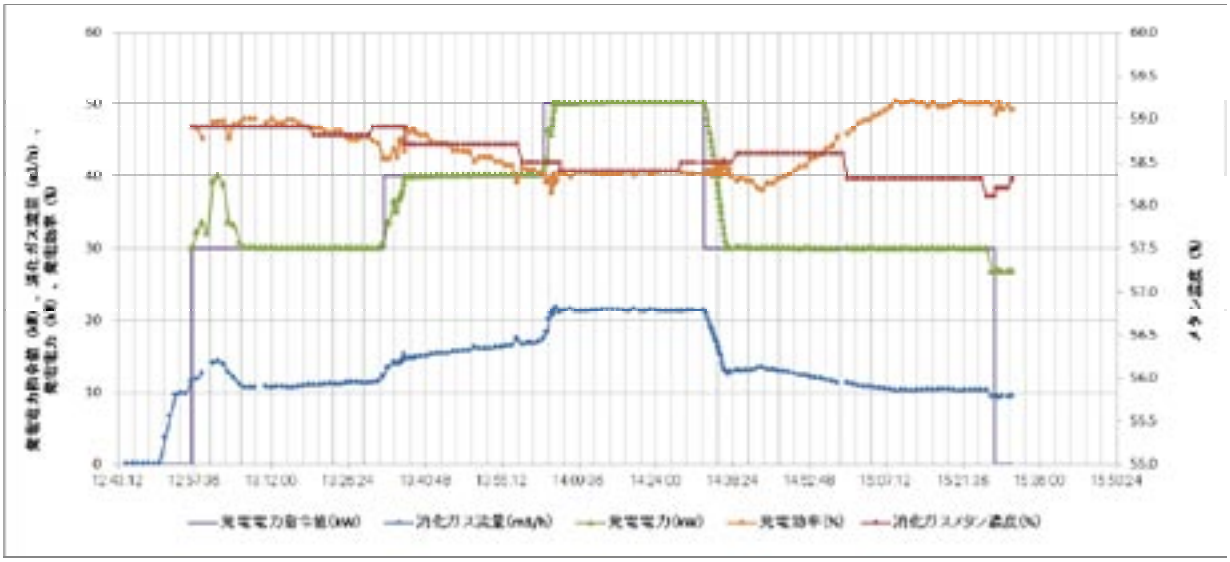
消化ガス１００％の場合は消費量（流量）が安定しない。発電出力変動時は特に不安定になる。

消化ガスは，都市ガスに比べてメタンガス濃度が低いことが一要因として考えられる。

○発電効率

ガス消費量と発電出力が安定していないことから，発電効率も 40%～50%の間でふれている。

①消化ガス１００％運転

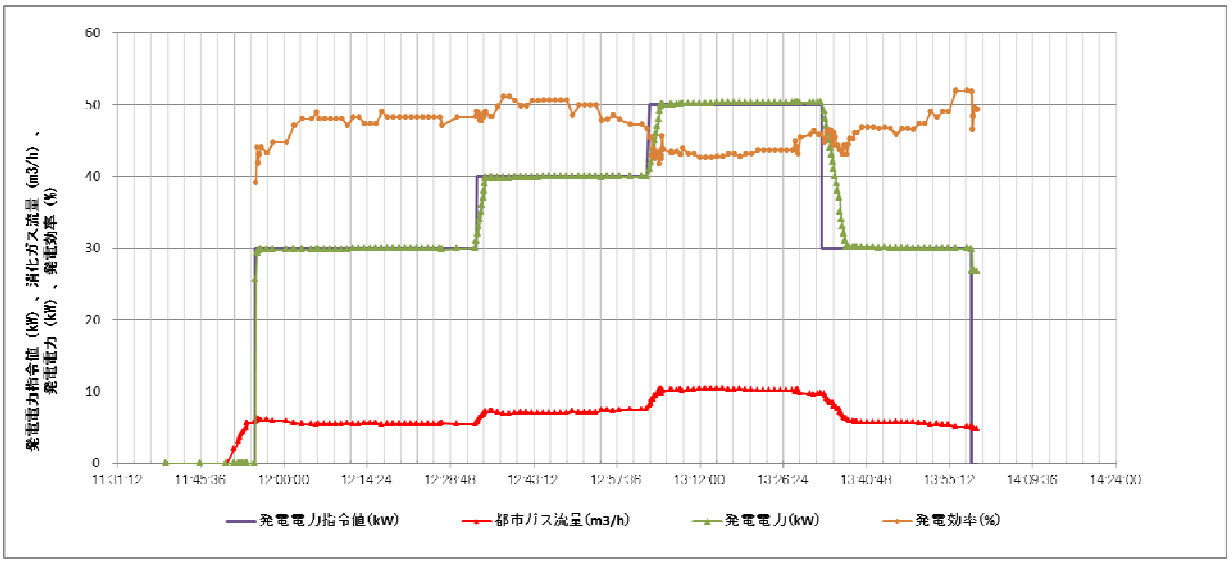


30kW 発電時　効率 48%→44%
40kW 発電時　効率 47%→41%
50kW 発電時　効率 41%
30kW 発電時　効率 39%→50%

30kW⇒40kW 移行時間　４分 10 秒
40kW⇒50kW 移行時間　２分 28 秒
50kW⇒30kW 移行時間　４分 20 秒

図資１．３－６　消化ガス 100％運転時の各種発電データ

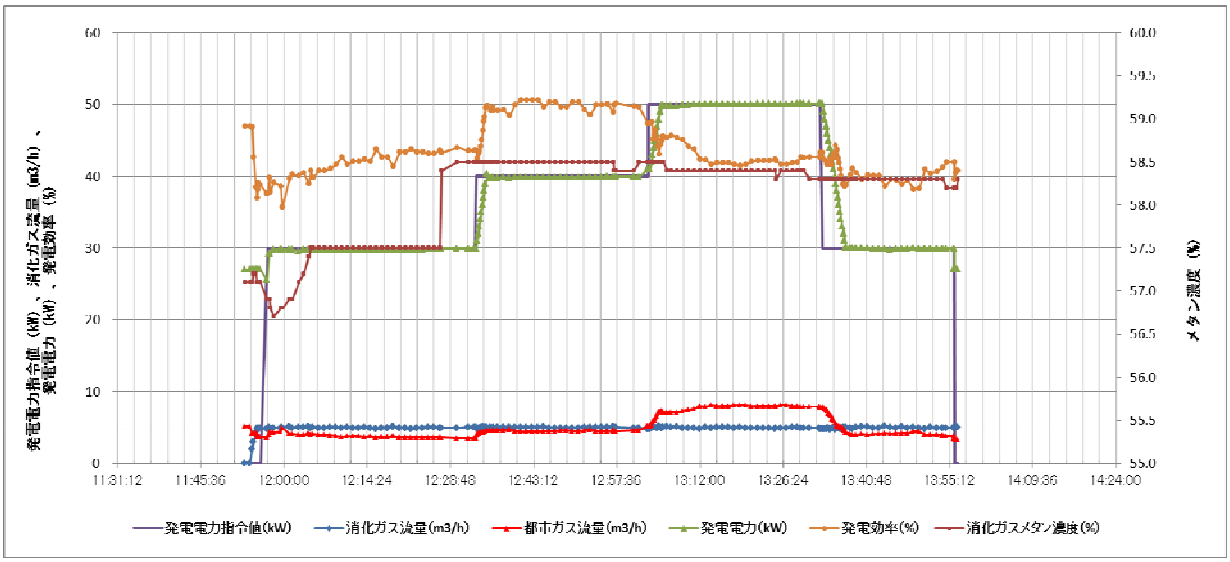
②都市ガス 100%運転



30kW 発電時　効率 48%　　30kW⇒40kW 移行時間　1 分 45 秒
40kW 発電時　効率 51%→48%　　40kW⇒50kW 移行時間　2 分 22 秒
50kW 発電時　効率 43%→47%　　50kW⇒30kW 移行時間　4 分 23 秒
30kW 発電時　効率 44%→52%

図資１．３－７　都市ガス 100%運転時の各種発電データ

③ハイブリッド運転（消化ガス５㎥/h 一定で，都市ガス流量を発電出力に合わせ調整）



30kW 発電時　効率 39%→43%　　30kW⇒40kW 移行時間　1 分 58 秒
40kW 発電時　効率 50%　　40kW⇒50kW 移行時間　2 分 15 秒
50kW 発電時　効率 45%→42%　　50kW⇒30kW 移行時間　4 分 07 秒
30kW 発電時　効率 39%→41%

図資１．３－８　ハイブリッド発電運転時の各種発電データ

２．ケーススタディ

建設費

（百万円）

	評価項目		革新的技術1 [CASE-A] (生汚泥＋生ごみ高温消化)	革新的技術2 [CASE-B] (生・余剰汚泥＋生ごみ高温消化)	従来技術1 [CASE-C] (生・余剰汚泥中温消化)	従来技術2 [CASE-D] (消化無)
下水処理場	水処理技術	沈砂池設備	352	352	352	352
		汚水ポンプ設備	126	126	126	126
		最初沈殿池設備	798	798	533	533
		反応タンク設備	541	541	570	570
		送風機設備	317	317	378	378
		最終沈殿池設備	627	627	627	627
		消毒設備	51	51	51	51
		水処理動力盤	719	737	829	829
		小　計	3,532	3,550	3,466	3,466
	バイオガス回収技術	消化タンク本体	986	1,881	789	
		攪拌装置			684	
		加温装置				
		汚泥ポンプ				
		脱硫装置				
		余剰ガス燃焼装置				
		ガスホルダ				
		生ごみ投入用破砕装置				
		スラリー化装置				
		消化動力盤	64	63	64	
		小　計	1,050	1,944	1,537	0
	バイオガス発電技術	発電機	440	550	314	
		シロキサン除去装置				
		排熱回収装置				
		監視制御設備	1,125	1,125	1,125	
		小　計	1,565	1,675	1,439	0
	汚泥処理技術	重力濃縮設備	121	121	108	108
		機械濃縮設備	1,266	1,266	1,637	1,637
		脱水設備	1,238	1,236	991	1,225
		汚泥動力盤	291	312	291	291
		小　計	2,916	2,935	3,027	3,261
ごみ処理技術（ごみ焼却場で焼却）			4,911	4,911	5,754	5,754
合　計			13,973	15,015	15,223	12,480

（今回評価対象のみの計算）

	革新的技術1 [CASE-A]	革新的技術2 [CASE-B]	従来技術1 [CASE-C]	従来技術2 [CASE-D]	
	1,657	1,657	1,481	1,481	
小計	1,657	1,657	1,481	1,481	
割合	112	112	100	100	%
	986	1,881	1,473		
	440	550	314		
			（増分）	（増分）	
			843	843	
小計	1,426	2,431	2,630	843	
割合	54	92	100	32	%
計	3,083	4,088	4,111	2,323	
割合	75	99	100	57	%

※1 監視制御設備は下水処理場全体の監視制御機能を有する。
※2 以下の設備を除き，積算は積み上げによる（コンサルタント単価を採用）。
(1) 消化タンク本体については，国土交通省都市・地域整備局下水道部及び社団法人日本下水道協会「バイオソリッド利活用基本計画（下水汚泥処理総合計画）策定マニュアル」（平成16年3月）の費用関数による。
(2) 「従来技術」のバイオガス発電技術（ガスエンジンを想定）については，国土交通省都市・地域整備局下水道部「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案）」（平成23年3月）の費用関数による。
※3 発電機の台数については，消化ガス発生量から算定した必要台数（計算値）から小数点以下を繰り上げた台数（整数）を設定した。

建設費年価

（百万円/年）

	評価項目		革新的技術1 [CASE-A] (生汚泥＋生ごみ高温消化)	革新的技術2 [CASE-B] (生・余剰汚泥＋生ごみ高温消化)	従来技術1 [CASE-C] (生・余剰汚泥中温消化)	従来技術2 [CASE-D] (消化無)
下水処理場	水処理技術	沈砂池設備	27	27	27	27
		汚水ポンプ設備	10	10	10	10
		最初沈殿池設備	62	62	41	41
		反応タンク設備	42	42	44	44
		送風機設備	25	25	29	29
		最終沈殿池設備	49	49	49	49
		消毒設備	4	4	4	4
		水処理動力盤	56	57	65	65
		小　計	275	276	270	270
	バイオガス回収技術	消化タンク本体	77	146	27	
		攪拌装置			53	
		加温装置				
		汚泥ポンプ				
		脱硫装置				
		余剰ガス燃焼装置				
		ガスホルダ				
		生ごみ投入用破砕装置				
		スラリー化装置				
		消化動力盤	5	5	5	
		小　計	82	151	85	0
	バイオガス発電技術	発電機	34	43	24	
		シロキサン除去装置				
		排熱回収装置				
		監視制御設備	88	88	88	
		小　計	122	130	112	0
	汚泥処理技術	重力濃縮設備	9	9	8	8
		機械濃縮設備	99	99	127	127
		脱水設備	96	96	77	95
		汚泥動力盤	23	24	23	23
		小　計	227	228	236	254
ごみ処理技術（ごみ焼却場で焼却）			382	382	448	448
合　計			1,087	1,169	1,150	971

※1 建設費年価換算は以下の条件による。

・消化タンク本体　利子率　2　%　耐用年数　45　年

・機械設備全般　利子率　2　%　耐用年数　15　年

（今回評価対象のみの計算）

	革新的技術1 [CASE-A]	革新的技術2 [CASE-B]	従来技術1 [CASE-C]	従来技術2 [CASE-D]	
	129	129	115	115	
小計	129	129	115	115	
割合	112	112	100	100	%
	77	146	80		
	34	43	24		
			（増分） 66	（増分） 66	
小計	111	189	170	66	
割合	65	111	100	39	%
計	240	318	285	181	
割合	84	112	100	63	%

維持管理費（エネルギー関係を除く）

（百万円/年）

評価項目		革新的技術1 [CASE-A] (生汚泥＋生ごみ高温消化)				革新的技術2 [CASE-B] (生・余剰汚泥＋生ごみ高温消化)				従来技術1 [CASE-C] (生・余剰汚泥中温消化)				従来技術2 [CASE-D] (消化無)			
		薬品費	補修費	点検費	合　計	薬品費	補修費	点検費	合　計	薬品費	補修費	点検費	合　計	薬品費	補修費	点検費	合　計
下水処理場 水処理技術	沈砂池設備		7.0	5.2	12.2		7.0	5.2	12.2		7.0	5.2	12.2		7.0	5.2	12.2
	汚水ポンプ設備		2.5	3.6	6.1		2.5	3.6	6.1		2.5	3.6	6.1		2.5	3.6	6.1
	最初沈殿池設備		3.8	1.0	4.8		3.8	1.0	4.8		10.7	2.6	13.3		10.7	2.6	13.3
	反応タンク設備		10.8	2.6	13.5		10.8	2.6	13.5		11.4	2.6	14.0		11.4	2.6	14.0
	送風機設備		6.3	2.4	8.7		6.3	2.4	8.7		7.6	2.4	10.0		7.6	2.4	10.0
	最終沈殿池設備		12.5	3.1	15.6		12.5	3.1	15.6		12.5	3.1	15.6		12.5	3.1	15.6
	消毒設備	11.0	1.0	1.6	13.5	11.0	1.0	1.6	13.5	11.0	1.0	1.6	13.5	11.0	1.0	1.6	13.5
	水処理動力盤	－	－	5.9	5.9	－	－	5.9	5.9	－	－	5.9	5.9	－	－	5.9	5.9
	小　計	11.0	44.1	25.3	80.3	11.0	44.1	25.3	80.3	11.0	52.7	26.9	90.6	11.0	52.7	26.9	90.6
バイオガス回収技術	消化タンク本体	0.0	5.0	0.0	5.0	0.0	15.0	0.0	15.0		0.9				－		
	攪拌装置		0.5	0.1	0.6		1.5	0.3	1.8								
	加温装置		0.5	0.2	0.7		0.5	0.2	0.7								
	汚泥ポンプ		1.6	0.4	2.0		1.6	0.4	2		13.7	3.0	17.6		－	－	0.0
	脱硫装置	0.8		0.3	1.1	1.0		0.3	1.3								
	余剰ガス燃焼装置		0.1	0.1	0.2		0.1	0.1	0.2								
	ガスホルダ		0.2	0.2	0.4		0.3	0.2	0.5								
	生ごみ投入用破砕装置		1.7	0.2	1.9	－	1.7	0.2	1.9	－	－	－	0.0	－	－	－	0.0
	スラリー化装置		1.2	0.2	1.4	－	1.2	0.2	1.4	－	－	－	0.0	－	－	－	0.0
	消化動力盤	－	－	－	0	－	－	－	0	－	－	－	0.0	－	－	－	0.0
	小　計	0.8	10.8	1.7	13.3	1.0	21.9	1.9	24.8	0.0	14.5	3.0	17.6	0.0	0.0	0.0	0.0
バイオガス発電技術	発電機		26.0	0.0	26.0		32.5	0.0	32.5								
	シロキサン除去装置	1.1		0.1	1.2	0.7		0.1	0.8	－	6.3	0.0	6.3	－	－	－	0.0
	排熱回収装置		0.2	0.1	0.3		0.2	0.1	0.3								
	監視制御設備	－	－	－	0.0	－	－	－	0.0	－	－	－	0.0	－	－	－	0.0
	小　計	1.1	26.2	0.2	27.5	0.7	32.7	0.2	33.6	0.0	6.3	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0
汚泥処理技術	重力濃縮設備		2.4	2.5	4.9		2.4	2.5	4.9		2.2	2.5	4.7		2.2	2.5	4.7
	機械濃縮設備	1.2	25.3	5.8	32.4	1.2	25.3	5.8	32.4	2.0	32.7	5.8	40.5	2.0	32.7	5.8	40.5
	脱水設備	15.0	24.8	5.8	45.6	13.5	24.7	5.8	44.0	11.7	19.8	5.8	37.4	17.8	24.5	5.8	48.1
	汚泥動力盤	－	－	3.7	3.7	－	－	3.7	3.7	－	－	3.7	3.7	－	－	3.7	3.7
	小　計	16.3	52.5	17.9	86.7	14.7	52.5	17.9	85.1	13.7	54.7	17.9	86.3	19.8	59.4	17.9	97.1
ごみ処理技術(ごみ焼却場で焼却)		15.8	98.2	14.3	128.3	15.8	98.2	14.3	128.3	19.2	115.1	14.3	148.5	19.2	115.1	14.3	148.5
合　計		44.9	231.8	59.4	336.1	43.2	249.4	59.6	352.1	43.8	243.4	62.1	349.3	49.9	227.2	59.1	336.2

※1 革新的技術のうち最初沈殿池設備，バイオガス回収・発電技術の各設備の補修費は実績に基づく設定値を計上した。
それら以外の従来技術の各設備の補修費は建設費の2%と設定した。
なお，従来技術の消化タンク本体の「補修費」欄には、浚渫費(事例を参考に設定)を計上した。

※2 点検費は，以下の資料を参考に，点検にかかる直接業務費(直接人件費)を計上した。

・社団法人日本下水道協会「下水道施設維持管理積算要領 2006年版」
・社団法人全国都市清掃会議「平成19年度版 廃棄物処理施設維持管理業務積算要領(平成20年11月20日改訂)」

（今回評価対象のみの計算）

	革新的技術1 [CASE-A]	革新的技術2 [CASE-B]	従来技術1 [CASE-C]	従来技術2 [CASE-D]	
	27	27	37	37	
小計	27	27	37	37	
割合	72	72	100	100	%
	13	25	18		
	28	34	6		
			（増分）	（増分）	
			20	20	
小計	41	58	44	20	
割合	93	133	100	46	%
計	68	85	81	57	
割合	83	105	100	71	%

維持管理費（エネルギー関係（使用電力量））

評価項目		革新的技術1 [CASE-A] 電力使用量 (kWh/年)	電力使用料 (百万円/年)	革新的技術2 [CASE-B] 電力使用量 (kWh/年)	電力使用料 (百万円/年)	従来技術1 [CASE-C] 電力使用量 (kWh/年)	電力使用料 (百万円/年)	従来技術2 [CASE-D] 電力使用量 (kWh/年)	電力使用料 (百万円/年)
下水処理場 水処理技術	沈砂池設備	95,834	1.0	95,834	1.0	95,834	1.0	95,834	1.0
	汚水ポンプ設備	808,110	8.1	808,110	8.1	808,110	8.1	808,110	8.1
	最初沈殿池設備	73,876	0.7	73,876	0.7	48,779	0.5	48,779	0.5
	反応タンク設備	622,310	6.2	622,310	6.2	622,310	6.2	622,310	6.2
	送風機設備	1,803,357	18.0	1,803,357	18.0	2,078,806	20.8	2,078,806	20.8
	最終沈殿池設備	244,959	2.4	245,931	2.5	329,668	3.3	329,668	3.3
	消毒設備	4,345	0.0	4,345	0.0	4,345	0.0	4,438	0.0
	水処理動力盤	－	－	－	－	－	－	－	－
	小　計	3,652,792	36.5	3,653,764	36.5	3,987,853	39.9	3,987,946	39.9
バイオガス回収技術	消化タンク本体	370,472	3.7	827,160	8.3	246,682	2.5	－	－
	攪拌装置								
	加温装置								
	汚泥ポンプ								
	脱硫装置								
	余剰ガス燃焼装置								
	ガスホルダ								
	生ごみ投入用破砕装置					－	－	－	－
	スラリー化装置					－	－	－	－
	消化動力盤	－	－	－	－	－	－	－	－
	小　計	370,472	3.7	827,160	8.3	246,682	2.5	0	0.0
バイオガス発電技術	発電機	-3,113,017	-31.1	-3,891,271	-38.9	-1,205,323	-12.1	－	－
	シロキサン除去装置								
	排熱回収装置								
	監視制御設備	－	－	－	－	－	－	－	－
	小　計	-3,113,017	-31.1	-3,891,271	-38.9	-1,205,323	-12.1	0	0.0
汚泥処理技術	重力濃縮設備	19,941	0.2	19,941	0.2	14,121	0.1	14,121	0.1
	機械濃縮設備	272,766	2.7	272,766	2.7	322,748	3.2	322,748	3.2
	脱水設備	266,678	2.7	266,678	2.7	175,749	1.8	242,979	2.4
	汚泥動力盤	－	－	－	－	－	－	－	－
	小　計	559,384	5.6	559,384	5.6	512,618	5.1	579,848	5.8
ごみ処理技術(ごみ焼却場で焼却)		3,051,108	30.5	3,051,108	30.5	3,695,625	37.0	3,695,625	37.0
合　計		4,520,739	45.2	4,200,145	42.0	7,237,454	72.4	8,263,419	82.6
下水処理場全体の合計		1,469,631	15	1,149,037	11	3,541,829	35	4,567,794	46
割合			41		32		100		129

※1 電力料単価　　10 円/kWh

（今回評価対象のみの計算）

	革新的技術1 [CASE-A]	革新的技術2 [CASE-B]	従来技術1 [CASE-C]	従来技術2 [CASE-D]	
	25	25	27	27	
小計	25	25	27	27	
割合	91	91	100	100	%
	4	8	2		
	-31	-39	-12		
			（増分）	（増分）	
			6	6	
小計	-27	-31	-3	6	
割合	873	975	100	-203	%
計	-2	-6	24	34	
割合	-10	-23	100	139	%

建設費＋維持管理費１５年

（百万円）

	評価項目		革新的技術1 [CASE-A] (生汚泥＋生ごみ高温消化)	革新的技術2 [CASE-B] (生・余剰汚泥＋生ごみ高温消化)	従来技術1 [CASE-C] (生・余剰汚泥 中温消化)	従来技術2 [CASE-D] (消化無)
下水処理場	水処理技術	沈砂池設備	549	549	549	549
		汚水ポンプ設備	339	339	339	339
		最初沈殿池設備	881	881	739	739
		反応タンク設備	836	836	874	874
		送風機設備	719	719	839	839
		最終沈殿池設備	898	898	910	910
		消毒設備	255	255	255	255
		水処理動力盤	807	825	917	917
		小　計	5,285	5,303	5,423	5,423
	バイオガス回収技術	消化タンク本体	1,241	2,378	1,774	
		攪拌装置				
		加温装置				
		汚泥ポンプ				
		脱硫装置				
		余剰ガス燃焼装置				
		ガスホルダ				
		生ごみ投入用破砕装置				
		スラリー化装置				
		消化動力盤	64	63	64	
		小　計	1,305	2,441	1,838	0
	バイオガス発電技術	発電機	386	470	228	
		シロキサン除去装置				
		排熱回収装置				
		監視制御設備	1,125	1,125	1,125	
		小　計	1,511	1,595	1,353	0
	汚泥処理技術	重力濃縮設備	198	198	181	181
		機械濃縮設備	1,793	1,793	2,293	2,293
		脱水設備	1,963	1,937	1,578	1,983
		汚泥動力盤	347	368	347	347
		小　計	4,300	4,295	4,398	4,804
ごみ処理技術(ごみ焼却場で焼却)			7,294	7,294	8,536	8,536
合計（下水処理場範囲のみの和）			12,400	13,634	13,012	10,227
合計（下水処理場＋ごみ焼却場の和）			19,694	20,927	21,548	18,762

割合(下水処理場のみ)	95	105	100	79	%
割合(ごみ焼却場＋下水処理場)	91	97	100	87	%

（今回評価対象のみの計算）

	革新的技術1 [CASE-A]	革新的技術2 [CASE-B]	従来技術1 [CASE-C]	従来技術2 [CASE-D]	
	2,437	2,437	2,452	2,452	
小計	2,437	2,437	2,452	2,452	
割合	99	99	100	100	%
	1,241	2,378	1,774		
	386	470	228		
			（増分）	（増分）	
			1,242	1,242	
小計	1,627	2,848	3,244	1,242	
割合	50	88	100	38	%
計	4,063	5,284	5,696	3,694	
割合	71	93	100	65	%

建設費＋維持管理費１５年＋撤去費

（百万円）

	評価項目		革新的技術1 [CASE-A] (生汚泥＋生ごみ高温消化)	革新的技術2 [CASE-B] (生・余剰汚泥＋生ごみ高温消化)	従来技術1 [CASE-C] (生・余剰汚泥中温消化)	従来技術2 [CASE-D] (消化無)
下水処理場	水処理技術	沈砂池設備	585	585	585	585
		汚水ポンプ設備	352	352	352	352
		最初沈殿池設備	961	961	793	793
		反応タンク設備	891	891	931	931
		送風機設備	750	750	877	877
		最終沈殿池設備	960	960	973	973
		消毒設備	260	260	260	260
		水処理動力盤	879	899	1,000	1,000
		小　計	5,638	5,658	5,770	5,770
	バイオガス回収技術	消化タンク本体	1,340	2,566	1,921	
		撹拌装置				
		加温装置				
		汚泥ポンプ				
		脱硫装置				
		余剰ガス燃焼装置				
		ガスホルダ				
		生ごみ投入用破砕装置				
		スラリー化装置				
		消化動力盤	70	69	70.4	
		小　計	1,410	2,635	1,991	0
	バイオガス発電技術	発電機	430	525	259	
		シロキサン除去装置				
		排熱回収装置				
		監視制御設備	1,238	1,238	1,238	
		小　計	1,667	1,763	1,497	0
	汚泥処理技術	重力濃縮設備	210	210	191	191
		機械濃縮設備	1,919	1,919	2,457	2,457
		脱水設備	2,086	2,060	1,677	2,105
		汚泥動力盤	376	399	376	376
		小　計	4,592	4,589	4,701	5,130
ごみ処理技術（ごみ焼却場で焼却）			7,785	7,785	9,111	9,111
合計（下水処理場範囲のみの和）			13,306	14,644	13,959	10,899
合計（下水処理場＋ごみ焼却場の和）			21,091	22,429	23,070	20,011

割合（下水処理場のみ）	95	105	100	78	%
割合（ごみ焼却場＋下水処理場）	91	97	100	87	%

※　撤去費は、建設費の　10　％を見込む。

（今回評価対象のみの計算）

	革新的技術1 [CASE-A]	革新的技術2 [CASE-B]	従来技術1 [CASE-C]	従来技術2 [CASE-D]	
	2,602	2,602	2,600	2,600	
小計	2,602	2,602	2,600	2,600	
割合	100	100	100	100	%
	1,340	2,566	1,921		
	430	525	259		
			（増分） 1,326	（増分） 1,326	
小計	1,769	3,091	3,507	1,326	
割合	50	88	100	38	%
計	4,371	5,693	6,107	3,927	
割合	72	93	100	64	%

建設費＋維持管理費１５年＋処分費１５年

（百万円）

	評価項目		革新的技術1 [CASE-A] (生汚泥＋生ごみ高温消化)	革新的技術2 [CASE-B] (生・余剰汚泥＋生ごみ高温消化)	従来技術1 [CASE-C] (生・余剰汚泥中温消化)	従来技術2 [CASE-D] (消化無)
下水処理場	水処理技術	沈砂池設備	549	549	549	549
		汚水ポンプ設備	339	339	339	339
		最初沈殿池設備	881	881	739	739
		反応タンク設備	836	836	874	874
		送風機設備	719	719	839	839
		最終沈殿池設備	898	898	910	910
		消毒設備	255	255	255	255
		水処理動力盤	807	825	917	917
		小　計	5,285	5,303	5,423	5,423
	バイオガス回収技術	消化タンク本体	1,241	2,378	1,774	
		攪拌装置				
		加温装置				
		汚泥ポンプ				
		脱硫装置				
		余剰ガス燃焼装置				
		ガスホルダ				
		生ごみ投入用破砕装置				
		スラリー化装置				
		消化動力盤	64	63	64	
		小　計	1,305	2,441	1,838	0
	バイオガス発電技術	発電機	386	470	228	
		シロキサン除去装置				
		排熱回収装置				
		監視制御設備	1,125	1,125	1,125	
		小　計	1,511	1,595	1,353	0
	汚泥処理技術	重力濃縮設備	198	198	181	181
		機械濃縮設備	1,793	1,793	2,293	2,293
		脱水設備	1,963	1,937	1,578	1,983
		汚泥動力盤	347	368	347	347
		小　計	4,300	4,295	4,399	4,804
ごみ処理技術（ごみ焼却場で焼却）			7,294	7,294	8,536	8,536
合計（下水処理場範囲のみの和）			12,400	13,634	13,012	10,227
合計（下水処理場＋ごみ焼却場の和）			19,694	20,927	21,548	18,763

（下水汚泥（脱水ケーキ）・ごみ焼却灰（生ごみ分）処分費）

小計	2,217	1,889	1,664	2,567	
割合	133	114	100	154	%

下水処理場（汚泥処分を含む）　計	14,618	15,523	14,676	12,794	
〃　割合	100	106	100	87	%

ごみ焼却場＋下水処理場（汚泥処分を含む）　計	21,911	22,816	23,212	21,330	%
〃　割合	94	98	100	92	%

※ 汚泥・焼却灰処分単価　15,000　円/t-脱水ケーキ，円/t-焼却灰

（今回評価対象技術＋汚泥処理技術＋汚泥処分）

	革新的技術1 [CASE-A]	革新的技術2 [CASE-B]	従来技術1 [CASE-C]	従来技術2 [CASE-D]	
	2,437	2,437	2,452	2,452	
小計	2,437	2,437	2,452	2,452	
割合	99	99	100	100	%
	1,241	2,378	1,774		
	386	470	228		
	3,953	3,927	4,052	4,457	
			（増分）1,242	（増分）1,242	
小計	5,580	6,775	7,295	5,699	
割合	76	93	100	78	%

（下水汚泥（脱水ケーキ）・ごみ焼却灰（生ごみ分）処分費）

小計	2,217	1,889	1,664	2,567	
割合	133	114	100	154	%

計	10,234	11,101	11,412	10,719	
割合	90	97	100	94	%

建設費＋維持管理費１５年＋処分費１５年＋撤去費

（百万円）

	評価項目		革新的技術1 [CASE-A] (生汚泥＋生ごみ高温消化)	革新的技術2 [CASE-B] (生・余剰汚泥＋生ごみ高温消化)	従来技術1 [CASE-C] (生・余剰汚泥中温消化)	従来技術2 [CASE-D] (消化無)
下水処理場	水処理技術	沈砂池設備	585	585	585	585
		汚水ポンプ設備	352	352	352	352
		最初沈殿池設備	961	961	793	793
		反応タンク設備	891	891	931	931
		送風機設備	750	750	877	877
		最終沈殿池設備	960	960	973	973
		消毒設備	260	260	260	260
		水処理動力盤	879	899	1,000	1,000
		小　計	5,638	5,658	5,770	5,770
	バイオガス回収技術	消化タンク本体	1,340	2,566	1,921	
		撹拌装置				
		加温装置				
		汚泥ポンプ				
		脱硫装置				
		余剰ガス燃焼装置				
		ガスホルダ				
		生ごみ投入用破砕装置				
		スラリー化装置				
		消化動力盤	70	69	70.4	
		小　計	1,410	2,635	1,991	0
	バイオガス発電技術	発電機	430	525	259	
		シロキサン除去装置				
		排熱回収装置				
		監視制御設備	1,238	1,238	1,238	
		小　計	1,667	1,763	1,497	0
	汚泥処理技術	重力濃縮設備	210	210	191	191
		機械濃縮設備	1,919	1,919	2,457	2,457
		脱水設備	2,086	2,060	1,677	2,105
		汚泥動力盤	376	399	376	376
		小　計	4,592	4,589	4,701	5,130
ごみ処理技術（ごみ焼却場で焼却）			7,785	7,785	9,111	9,111
合計（下水処理場範囲のみの和）			13,306	14,644	13,959	10,899
合計（下水処理場＋ごみ焼却場の和）			21,091	22,429	23,070	20,011

（下水汚泥（脱水ケーキ）・ごみ焼却灰（生ごみ分）処分費）

小計	2,217	1,889	1,664	2,567	
割合	133	114	100	154	%

下水処理場（汚泥処分を含む）　計	15,524	16,533	15,623	13,467	
〃　割合	99	106	100	86	%

ごみ焼却場＋下水処理場（汚泥処分を含む）　計	23,308	24,318	24,734	22,578	%
〃　割合	94	98	100	91	%

※ 汚泥・焼却灰処分単価　15,000　円/t-脱水ケーキ，円/t-焼却灰
※ 撤去費は、建設費の　10　%を見込む。

（今回評価対象技術＋汚泥処理技術＋汚泥処分）

	革新的技術1 [CASE-A]	革新的技術2 [CASE-B]	従来技術1 [CASE-C]	従来技術2 [CASE-D]	
	2,602	2,602	2,600	2,600	
小計	2,602	2,602	2,600	2,600	
割合	100	100	100	100	%
	1,340	2,566	1,921		
	430	525	259		
	4,216	4,189	4,325	4,754	
			（増分） 1,326	（増分） 1,326	
小計	5,985	7,280	7,832	6,080	
割合	76	93	100	78	%

（下水汚泥（脱水ケーキ）・ごみ焼却灰（生ごみ分）処分費）

小計	2,217	1,889	1,664	2,567	
割合	133	114	100	154	%

計	10,804	11,772	12,096	11,248	
割合	89	97	100	93	%

温室効果ガス排出量（収支）

（t-CO_2/供用年数）

	評価項目	革新的技術1［CASE-A］				革新的技術2［CASE-B］				従来技術1［CASE-C］				従来技術2［CASE-D］			
		建設	供用	解体・廃棄	合　計	建設	供用	解体・廃棄	合　計	建設	供用	解体・廃棄	合　計	建設	供用	解体・廃棄	合　計
下水処理場	水処理技術																
	沈砂池設備	194	806	5	1,006	194	806	5	1,006	194	806	5	1,006	194	806	5	1,006
	汚水ポンプ設備	1,636	6,800	42	8,479	1,636	6,800	42	8,479	1,636	6,800	42	8,479	1,636	6,800	42	8,479
	最初沈殿池設備	150	622	4	775	150	622	4	775	99	410	3	512	99	410	3	512
	反応タンク設備	1,260	5,237	33	6,530	1,260	5,237	33	6,530	1,260	5,237	33	6,530	1,260	5,237	33	6,530
	送風機設備	3,652	15,175	95	18,922	3,652	15,175	95	18,922	4,210	17,493	109	21,812	4,210	17,493	109	21,812
	最終沈殿池設備	496	2,061	13	2,570	498	2,070	13	2,580	668	2,774	17	3,459	668	2,774	17	3,459
	消毒設備	9	37	0	46	9	37	0	46	9	37	0	46	9	37	0	47
	水処理動力盤	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0
	小　計	7,397	30,738	192	38,327	7,399	30,746	192	38,337	8,076	33,558	209	41,843	8,076	33,559	209	41,844
	バイオガス回収技術																
	消化タンク本体																
	攪拌装置																
	加温装置																
	汚泥ポンプ																
	脱硫装置	750	3,118	19	3,887	1,675	6,961	43	8,679	500	2,076	13	2,588	—	—	—	0
	余剰ガス燃焼装置																
	ガスホルダ																
	生ごみ投入用破砕装置									—	—	—	0	—	—	—	0
	スラリー化装置									—	—	—	0	—	—	—	0
	消化動力盤	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0
	小　計	750	3,118	19	3,887	1,675	6,961	43	8,679	500	2,076	13	2,588	0	0	0	0
	バイオガス発電技術																
	発電機																
	シロキサン除去装置	374	−26,196	10	−25,812	468	−32,745	12	−32,265	267	−10,143	7	−9,869	—	—	—	0
	排熱回収装置																
	監視制御設備	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0
	小　計	374	−26,196	10	−25,812	468	−32,745	12	−32,265	267	−10,143	7	−9,869	0	0	0	0
	汚泥処理技術																
	重力濃縮設備	40	168	1	209	40	168	1	209	29	119	1	148	29	119	1	148
	機械濃縮設備	552	2,295	14	2,862	552	2,295	14	2,862	654	2,716	17	3,386	654	2,716	17	3,386
	脱水設備	540	2,244	14	2,798	540	2,244	14	2,798	356	1,479	9	1,844	492	2,045	13	2,549
	汚泥動力盤	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0
	小　計	1,133	4,707	29	5,869	1,133	4,707	29	5,869	1,038	4,314	27	5,379	1,174	4,879	30	6,084
ごみ処理技術(ごみ焼却場で焼却)		15,306	25,675	397	41,378	15,306	25,675	397	41,378	17,932	31,099	465	49,495	17,932	31,099	465	49,495
合　計		24,960	38,042	647	63,649	25,980	35,344	673	61,998	27,813	60,903	721	89,436	27,182	69,537	704	97,423
下水処理場全体の合計					22,271				20,620				39,941				47,928
割合					56				52				100				120

（今回評価対象のみの計算）

	革新的技術1［CASE-A］	革新的技術2［CASE-B］	従来技術1［CASE-C］	従来技術2［CASE-D］	
	26,227	26,227	28,853	28,853	
小計	26,227	26,227	28,853	28,853	
割合	91	91	100	100	%
	3,887	8,679	2,588		
	−25,812	−32,265	−9,869		
			（増分）8,118	（増分）8,118	
小計	−21,925	−23,586	837	8,118	
割合	−2,618	−2,817	100	969	%
計	4,301	2,640	29,691	36,971	
割合	14	9	100	125	%

※1 供用年数　　15　年

※2 供用段階の温室効果ガス排出量は，電力消費に伴う排出量を計上した。排出係数は以下の通りとした。

0.561　kg-CO_2/kWh（環境省「平成21年度の電気事業者ごとの実排出係数・調整後排出係数等の公表について」より）

※3 下水処理場の建設段階及び解体・廃棄段階の温室効果ガス排出量は，国土交通省国土技術政策総合研究所「下水道におけるLCA適用の考え方」(p33)（平成22年2月）を参考に，以下のCO_2排出割合を設定した。

0.241　（建設段階/供用段階）

0.006　（解体・廃棄段階/供用段階）

※4 ごみ焼却施設の建設段階の温室効果ガス排出量については，文献を参考に建設費当たりの排出量を以下の通り設定して算定した。

0.85　kg-C/千円　→　3.12　kg-CO_2/千円

解体・廃棄段階の温室効果ガス排出量については，上記※3の建設段階と解体・廃棄段階の比をもとに算定した。

容量計算　総括表

項　目		単　位	革新技術		従来技術	
			ケースＡ	ケースＢ	ケースＣ	ケースＤ
流入下水量(日最大)		m^3/d	50,000	50,000	50,000	50,000
流入水質	最初沈殿池流入 T-BOD	mg/L	170	170	170	170
	〃　S-BOD	mg/L	50	50	50	50
	〃　SS	mg/L	145	145	145	145
発生汚泥量	生汚泥	t/d	5.13	5.13	3.40	3.40
	余剰汚泥	t/d	2.25	2.25	3.57	3.57
	合　計	t/d	7.38	7.38	6.97	6.97
送風機	必要酸素量(AOR)	kgO_2/d	7,119	7,119	8,485	8,485
	酸素供給量(SOR)	kgO_2/d	10,401	10,401	12,397	12,397
	必要空気量	m^3/min	172	172	205	205
	能力及び台数	－	$90m^3/min$×3(1)	$90m^3/min$×3(1)	$70m^3/min$×4(1)	$70m^3/min$×4(1)
重力濃縮タンク	投入汚泥量(乾重)	t/d	5.13	5.13	3.40	3.40
	所要面積	m^2	85	85	57	57
	形状寸法	－	φ7.4m×H3.5m ×2池	φ7.4m×H3.5m ×2池	φ6.0m×H3.5m ×2池	φ6.0m×H3.5m ×2池
遠心濃縮機	投入汚泥量(乾重)	t/d	2.25	2.25	3.57	3.57
	〃　(湿重)	m^3/hr	375	375	595	595
	所要能力	m^3/hr	75	75	119	119
	能力及び台数	－	$40m^3/hr$×3(1)	$40m^3/hr$×3(1)	$40m^3/hr$×4(1)	$40m^3/hr$×4(1)
消化タンク	消化温度	－	高　温	高　温	中　温	(消化無)
	消化対象	－	生 汚 泥 生 ご み	生 汚 泥 余剰汚泥 生 ご み	生 汚 泥 余剰汚泥	－
	投入汚泥・生ごみ量(乾重)	t/d	6.98	9.01	6.10	0.00
	〃　(湿重)	m^3/d	158	209	176	0
	所要容量	m^3	790	2,091	3,520	0
	形状寸法	－	$790m^3$×1槽	$700m^3$×3槽	$1,800m^3$×2槽	－
ガスホルダ	消化ガス発生量	Nm^3/d	3,791	4,223	1,854	0
	所要容量	m^3	1,895	2,111	927	0
	形状寸法	－	$950m^3$×2槽	$1,100m^3$×2槽	$470m^3$×2槽	－
消化ガス発電機	能力及び台数	－	105kWh×4台	105kWh×5台	250kWh×1台	－
遠心脱水機	投入汚泥量(乾重)	t/d	5.15	4.62	4.01	6.10
	〃　(湿重)	m^3/d	209	209	176	176
	所要能力	m^3/hr	41.8	41.8	35.2	35.2
	能力及び台数	－	$30m^3/hr$×3(1)	$30m^3/hr$×3(1)	$20m^3/hr$×3(1)	$20m^3/hr$×3(1)
汚泥処分	脱水ケーキ量(乾重)	t/d	4.89	4.39	3.81	5.80
	〃　(湿重)	t-wet/d	27	23	20	31

３．その他

（１）本技術導入の意義

本技術は徹底的な固液分離と資源回収を基本コンセプトとして，下水道の有するエネルギー，地域バイオマスの活用等による創エネルギーと省エネルギーの両面から処理場全体をマネジメントすることにより,従来の化石燃料に依存しないエネルギー100％自立型処理場を実現するための技術である。

このため，本技術を下水道施設に導入するためには，目指すべき下水処理場の将来像を明らかにするとともに，下水処理場トータルマネジメントに基づく段階的な導入計画を立案する必要がある。

１）目指すべき下水処理場の将来像

国土交通省下水道部は,平成 17 年９月に「**下水道ビジョン 2100 下水道から「循環のみち」へ 100 年の計 － 地域の持続的な発展を支える 21 世紀型下水道の実現 －**」をとりまとめ，100 年という長期の将来像を見据えた下水道の方向性，それらを具体化する様々なアイデアなどを提示した。報告書では，持続可能な循環型社会を構築するため，これまでの「普及拡大」中心の 20 世紀型の下水道から，「健全な水循環と資源循環」を創出する 21 世紀型下水道への転換を目指すべきとし，基本コンセプトを「循環のみち」と定めている。そして，「循環のみち」実現のために「水のみち」「資源のみち」「施設再生」三つの基本方針を提示した（**図資３－１**）。

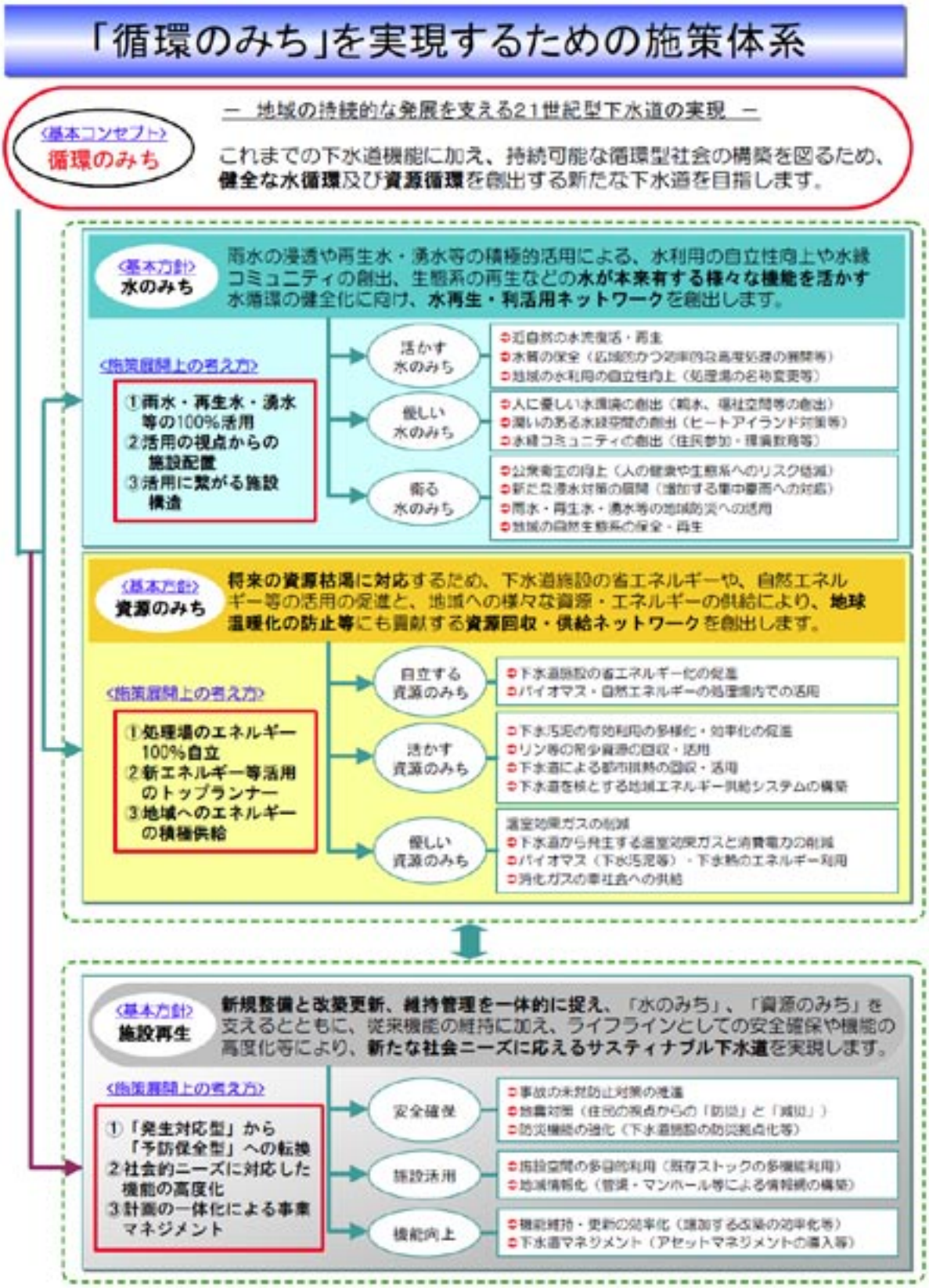
「水のみち」では，水循環の健全化に向け，雨水浸透や再生水・湧水の活用，また，生態系にも配慮した施設配置・構造を基本とすることなどにより，水再生・利活用ネットワークを創出すべきとしています。

また，「資源のみち」では，化石燃料に依存しないエネルギー100％自立の処理場の構築等により，資源回収・供給ネットワークを創出すべきとしている。

さらに，「施設再生」では，アセットマネジメント等により「水のみち」と「資源のみち」を持続的に支え，ライフラインとしての安全確保や既存ストックを活用した機能高度化により，新たな社会ニーズに応える下水道（「サスティナブル下水道」）を実現すべきとしている。

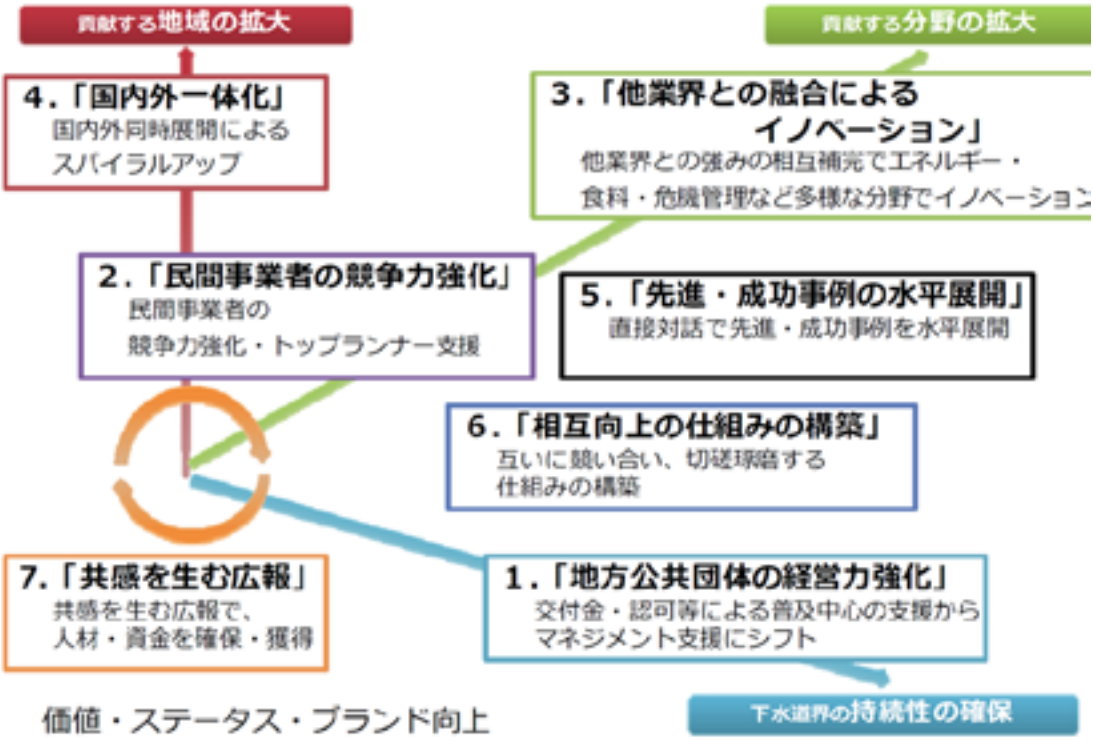
さらに同省下水道部は，「下水道ビジョン 2100」の基本方針である「循環のみち下水道」の実現に向けた取組を深化・成熟させ，エネルギー問題，低炭素・循環型社会の実現，経済再生，グローバル化など国家的重要課題にも貢献していくための下水道界の戦略と国の取るべき具体的な行動について，「成熟の３軸」と「７つの戦略と行動」を「**「循環のみち下水道」成熟化に向けた戦略と行動**」としてとりまとめ，平成 24 年５月に公表している（**図資３－２**）。

本プロジェクトでは，国土交通省下水道部が示す方向性を踏まえつつ，目指すべき下水道の将来像として成熟化した下水道のあり姿として，「**地域水環境再生と保全**」,「**低炭素・循環型社会の実現**」,「**持続可能な下水道サービスを提供**」「**地域水・エネルギーマネジメント**」の観点から**図資３－３**のとおり考えることとする。



図資３－１　「循環のみち」を実現するための施策体系

出典：「下水道ビジョン 2100 下水道から「循環のみち」へ 100 年の計
－ 地域の持続的な発展を支える 21 世紀型下水道の実現 －」



図資３－２　下水道界「成熟の３軸」と「7 つの戦略と行動」

出典：「「循環のみち下水道」成熟化に向けた戦略と行動」

目指すべき下水道の将来像として成熟化した下水道のあり姿を示す。

Ⅰ．地域水環境の再生と保全

公共用水域への汚濁負荷量を削減し、地域全体の水環境再生と保全に貢献する。

Ⅱ．低炭素・循環型社会の実現

地域に腑存する資源、エネルギーの利活用や省エネルギーにより循環型社会に貢献する。

Ⅲ．持続可能な下水道サービスを提供

下水道施設の維持・向上を図るための施設再生を行い、持続的な下水道サービスを提供する。

Ⅳ．地域水・エネルギーマネジメントの実現

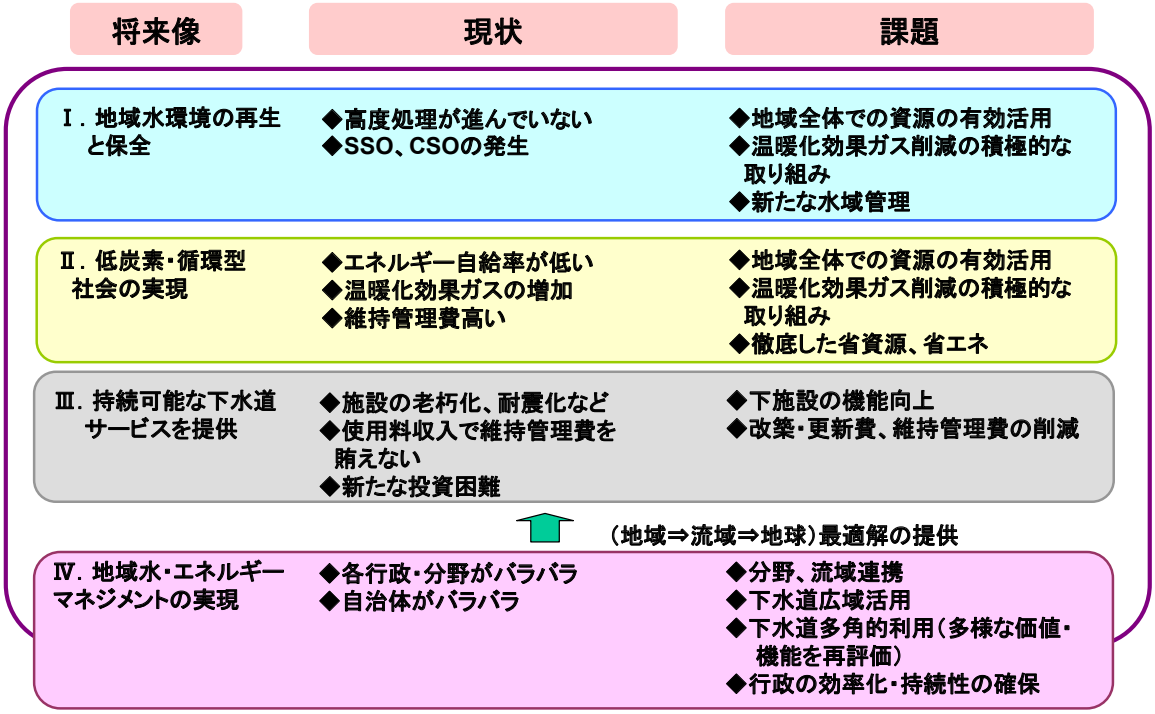
地域、他分野のステークホルダーと連携し、下水道（下水処理場）を核として、水・エネルギーの最適解を実現する。（再生水、下水熱、ゴミ、バイオマス広域取り込み等）

図資３－３　目指すべき下水処理場の将来像

２）下水道の現状と課題

目指すべき下水処理場の将来像で示した「**地域水環境再生と保全**」,「**低炭素・循環型社会の実現**」,「**持続可能な下水道サービスを提供**」「**地域水・エネルギーマネジメント**」の４つの観点別に下水道の現状と課題を整理すると**図資３－４**のとおりとなる。

地域全体での資源の有効活用，温室効果ガス削減の積極的な取り組み，新たな水管理や徹底した省資源・省エネルギーが課題であるとともに，それを支える下水道施設の機能向上およびコストの確保，さらにそれを地域→流域→地球へと展開する際の最適解を提供するマネジメントが課題となっている。



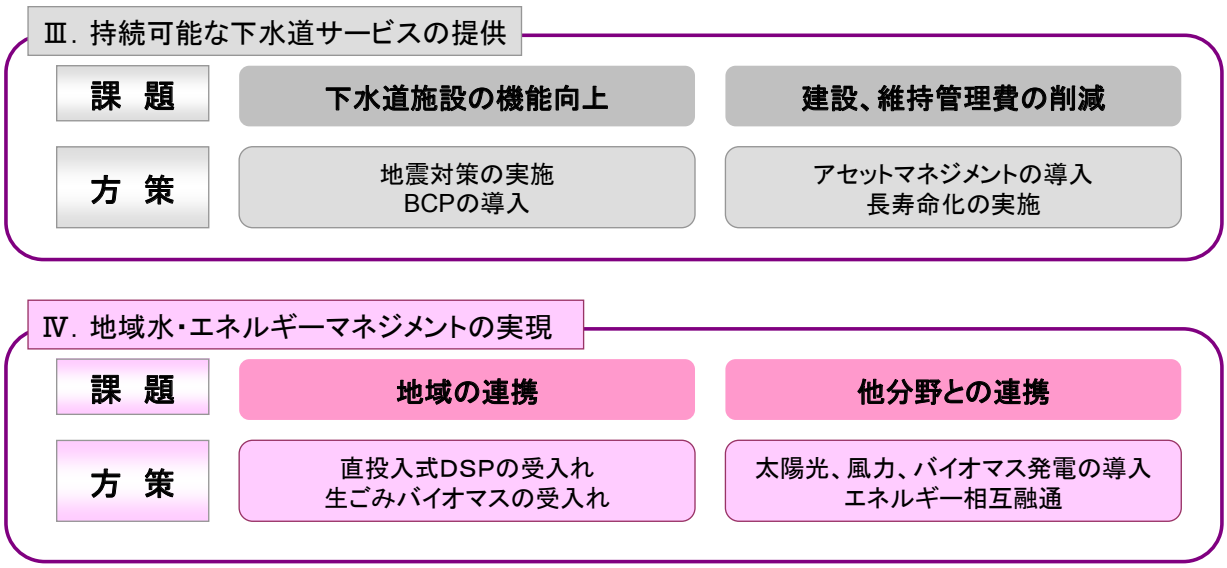
図資３－４　下水道の現状と課題

３）課題解決の方策

「**地域水環境再生と保全**」,「**低炭素・循環型社会の実現**」,「**持続可能な下水道サービスを提供**」「**地域水・エネルギーマネジメント**」という目指すべき下水道の将来像に向け，課題を解決していくためには，効率的に下水道サービスを維持・向上させていくとともに，適切なマネジメントを PDCA スパイラルの下で実施していくことが重要である。

すなわち，個々の方策の達成度を評価する共通目標（処理場全体のシステムインテグレイト，地域マネジメントの評価）を定め，その成果を客観的かつ定量的に評価し，よりよい方策につなげていく必要がある。

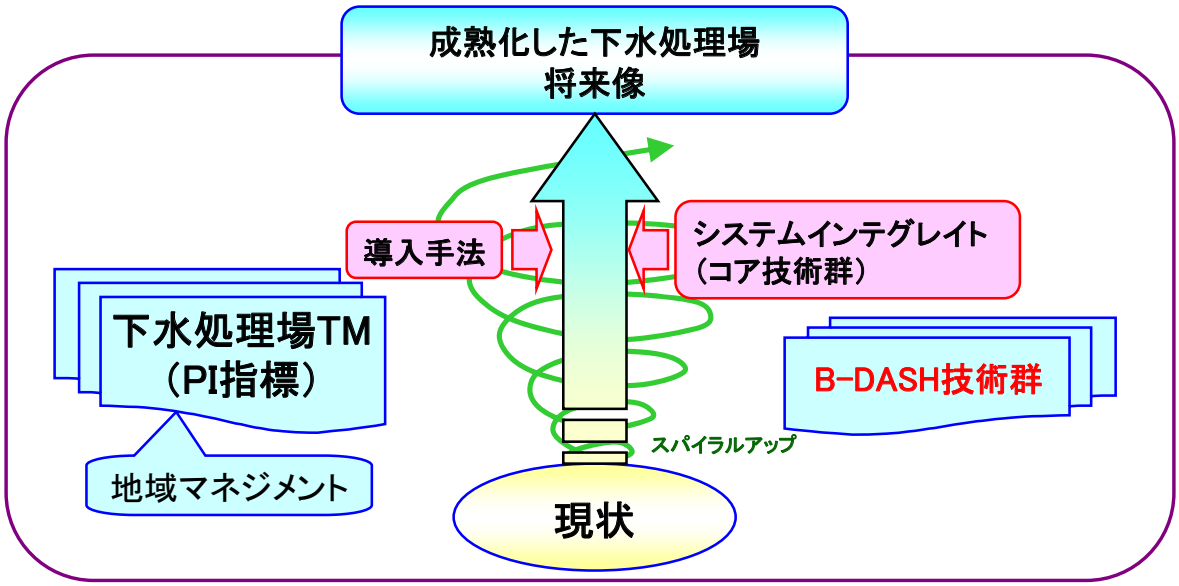
その目標を表す指標が PI 指標であり，評価する手法がベンチマーキング手法である。これらの指標や評価手法を活用し，目指すべき下水道の将来像に向けて施策を展開する必要がある。



図資３－５　課題解決の方策

４）下水処理場将来像の実現に向けた B-DASH 技術の導入効果

目指すべき下水道の将来像と B-DASH 技術を導入した場合の効果は本編に示すとおりであるが，下水道ベンチマーキング手法に基づく業務指標（PI）による評価を行い，PDCA より段階的なシステムインテグレイトを行うことで継続的改善を実施し，下水道の将来像実現を目指すことが望ましい。



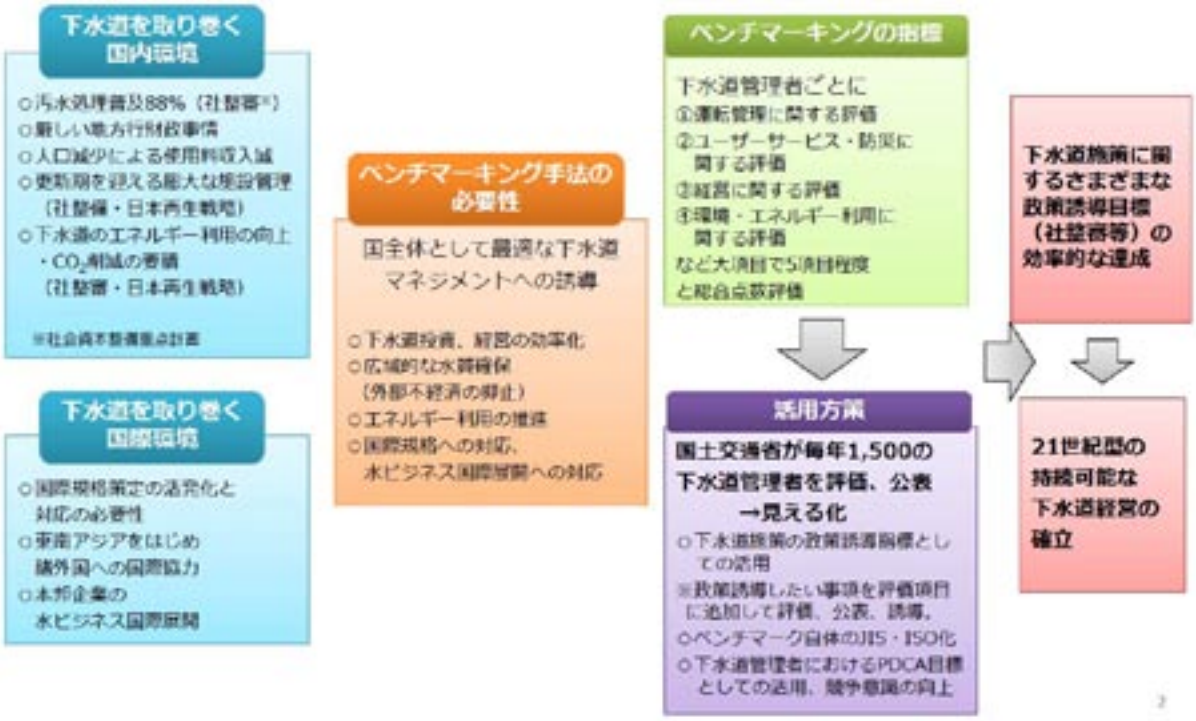
図資３－６　下水処理場将来像の実現に向けた B-DASH 技術の導入効果

５）下水道ベンチマーキング手法に基づく業務指標（PI）

下水道ベンチマーキングに基づく業務指標（PI）については，国土交通省が設置した「下水道マネジメントのためのベンチマーキング手法に関する検討会」において，我が国の下水道を取り巻く国内環境や国際環境を踏まえ，主に，我が国の下水道界におけるマネジメントの改善・向上と下水道事業体や海外ビジネス展開を図る民間企業の国際競争力向上の観点から，その効果や必要性，方法論，規格化等について検討されている。（平成 25 年 3 月現在）

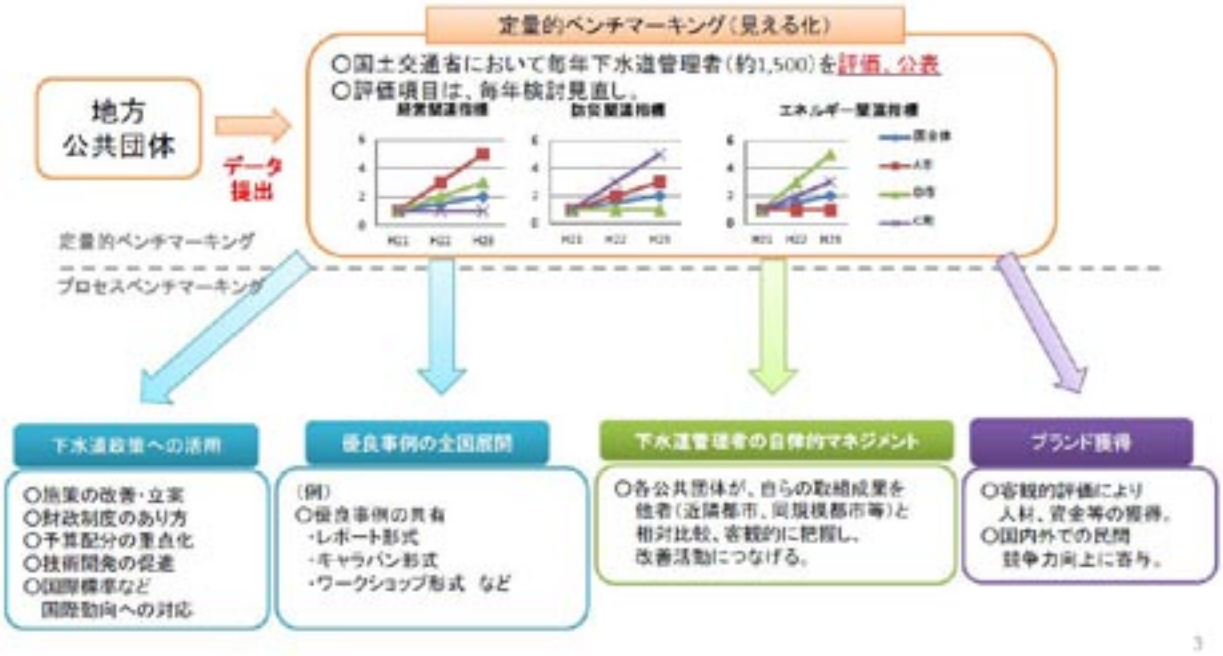
下水道ベンチマーキング業務指標（PI）は，適切なマネジメントをＰＤＣＡサイクルの下で確実に実施していくために，成果等を客観的・定量的に評価し，体系的な改善活動につなげていくためのツールと考えられる。

以下に，ベンチマーキング手法の枠組み，運用イメージ，業務指標のイメージを示す。



図資３－７　ベンチマーキングの枠組み

出典：下水道マネジメントのためのベンチマーキング手法に関する検討会　第 2 回資料（国土交通省）



図資３－８　ベンチマーキング運用のイメージ

出典：下水道マネジメントのためのベンチマーキング手法に関する検討会　第２回資料（国土交通省）

カテゴリ	名　称	単位	算出方法	備　考
環境				
	良好な水環境創出のための高度処理実施率	%	高度処理を実施済の処理区域内人口/高度処理を導入すべき処理区域内人口×100	社会資本整備重点計画、OECD等の統計
	下水道に係る温室効果ガス排出削減	tCO_{2eq}	温室効果ガス排出量の基準年からの削減量	社会資本整備重点計画、英国、オーストラリア
	合流式下水道改善率	%	合流式下水道改善面積/合流区域面積	社会資本整備重点計画
	下水汚泥リサイクル率	%	汚泥利用量/発生汚泥量×100	
エネルギー	下水汚泥エネルギー化率	%	有効利用されたエネルギー/下水汚泥のエネルギー賦存量×100	社会資本整備重点計画
	処理水量当りエネルギー使用量		[処理水量（千m^3/日）]/[処理水量当りエネルギー使用量（kL/千m^3）]	
	エネルギー自給率	%	[処理場内創出エネルギー]/[処理場内総消費エネルギー]	

図資３－９　業務指標のイメージ（環境・エネルギー）

出典：下水道マネジメントのためのベンチマーキング手法に関する検討会　第２回資料

（２）固定価格買取制度について

高温消化により発生する消化ガスは，消化タンク加温，焼却炉補助燃料，発電による買電量の削減あるいは売電等に活用が可能である。売電については,「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」を活用することにより一層の経済効果が期待できる。

「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」は,再生可能エネルギーの普及・拡大を目的に 2012 年７月１日にスタートした制度で，一定の価格・期間で，再生可能エネルギー源（太陽光，風力，水力，地熱，バイオマス）を用いて発電された電気の買い取りを，電力会社に義務づけられるものである。下水汚泥による消化ガス発電の平成 24 年度の買取価格は税込 40.95 円（税抜 39 円）と定められている。

本技術を導入し，生ごみ等のバイオマスを下水処理場に受け入れることにより，経済的かつ効率的に消化ガス発電を行うことが期待できるが，同制度の活用により，一層の収入増加が期待できる。

【固定価格買取制度における買取額の試算例】

「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」を活用した場合の消化ガス発電による電力買取価格について，従来技術と本技術の比較を**表資３－１**に示す（50,000m^3/日の下水処理場を想定）。

試算によると，従来技術の場合 52 百万円/年の収入，本技術を適用した場合 129 百万円/年の収入（従来技術より 77 百万円/年の増額）が見込まれる。

表資３－１　「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」を活用した場合の消化ガス発電による電力買取価格の比較（50,000m^3/日の下水処理場を想定）

項　目	単　位	従来技術			革新技術			
		生汚泥（重力濃縮）	余剰汚泥（機械濃縮）	合　計	生汚泥（重力濃縮）	余剰汚泥（機械濃縮）	生ごみ	合　計
発生汚泥量	t/日	3.40	3.57	6.97	5.13	2.25	－	7.38
固形物回収率	%	85.0	90.0	－	85.0	90.0	－	－
濃縮汚泥量	t/日	2.89	3.21	6.10	4.36	2.03	－	6.39
消化槽投入量	t/日	2.89	3.21	6.10	4.36	－	2.62	6.98
有機物含有率	%	81.0	76.0	－	81.0	－	90.0	－
投入有機物量	t/日	2.34	2.44	4.78	3.53	－	2.35	5.89
消化ガス発生率	Nm^3/t-VS	500	280	－	500	－	860	－
消化ガス発生量	Nm^3/日	1,170	684	1,854	1,766	－	2,025	3,791
発電効率	%	－	－	33	－	－	－	40
消化ガス発電量	kW/日	－	－	3,653	－	－	－	9,052
買取価格(税抜)	千円/年	－	－	52,000	－	－	－	129,000 (↑77,000)

(注1) 生ごみ投入量　＝　0.6　t-DS/t-DS-消化タンク投入汚泥
(注2)「消化ガス発生率」は「投入有機物当たり消化ガス発生率」である。
(注3) 消化ガス低位発熱量　＝　21.49　MJ/Nm^3
(注4) 消化ガス発電買取単価　＝　39　円(税抜)

「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」とは...

「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」は，再生可能エネルギー源（太陽光，風力，水力，地熱，バイオマス）を用いて発電された電気を，国が定める固定価格で一定の期間電気事業者に調達を義務づけるもので,「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」により，2012 年７月１日にスタートした。

電気事業者が調達した再生可能エネルギー電気は，送電網を通じて普段使う電気として供給される。このため，電気事業者が再生可能エネルギー電気の買取りに要した費用は，電気料金の一部として，使用電力に比例した賦課金という形で利用者が負担する。

我が国には，大きな再生可能エネルギーのポテンシャルがあるものの，コストが高いなどの理由によりこれまで十分に普及が進まなかったが，この制度により，エネルギー自給率の向上，地球温暖化対策，産業育成を図ると共に，コストダウンや技術開発によって，再生可能エネルギーが日本のエネルギーを支える存在となることを目指す。

なお，平成 24 年度の買取価格・買取期間は，次表のとおりであり，下水汚泥による消化ガス発電の場合，買取価格は税込 40.95 円（税抜 39 円）と定められている。

表資３－２　買取価格・買取期間（平成 24 年度）(1/2)

電源		太陽光		風力		地熱		中小水力		
調達区分		10kW以上	10kW未満（余剰買取）	20kW以上	20kW未満	1,575kW以上	1,575kW未満	1,000kW以上30,000kW未満	200kW以上1,000kW未満	200kW未満
費用	建設費	32.5万円/kW	46.6万円/kW	30万円/kW	125万円/kW	79万円/kW	123万円/kW	85万円/kW	80万円/kW	100万円/kW
	運転維持費（1年当たり）	10千円/kW	4.7千円/kW	6.0千円/kW	－	33千円/kW	48千円/kW	95千円/kW	60千円/kW	75千円/kW
IRR		税前6%	税前3.2%（＊1）	税前8%	税前1.8%	税前13%（＊2）		税前7%	税前7%	
調達価格（1kWh当たり）	税込（＊3）	42.00円	42円（＊1）	23.10円	57.75円	27.30円	42.00円	25.20円	30.45円	35.70円
	税抜	40円	42円	22円	55円	26円	40円	24円	29円	34円
調達期間		20年	10年	20年	20年	15年	15年	20年		

（＊1）住宅用太陽光発電について
１０ｋＷ未満の太陽光発電については、一見、１０ｋＷ以上の価格と同一のように見えるが、家庭用についてはｋＷ当たり３．５万円（平成２４年度）の補助金の効果を勘案すると、実質、４８円に相当する。
なお、一般消費者には消費税の納税義務がないことから、税抜き価格と税込み価格が同じとなっている。

（＊2）地熱発電のＩＲＲについて
地表調査、調査井の掘削など地点開発に一件当たり４６億円程度かかること、事業化に結びつく成功率が低いこと（７％程度）等に鑑み、ＩＲＲは１３％と他の電源より高い設定を行っている。

（＊3）消費税の取扱いについて
消費税については、将来的な消費税の税率変更の可能性も想定し、外税方式とすることとした。ただし、一般消費者向けが大宗となる太陽光発電の余剰買取の買取区分については、従来どおりとした。

表資３－３　買取価格・買取期間（平成 24 年度）(2/2)

電源		バイオマス						
バイオマスの種類		ガス化（下水汚泥）	ガス化（家畜糞尿）	固形燃料燃焼(未利用木材)	固形燃料燃焼（一般木材）	固形燃料燃焼(一般廃棄物)	固形燃料燃焼（下水汚泥）	固形燃料燃焼（リサイクル木材）
費用	建設費	392万円/kW		41万円/kW	41万円/kW	31万円/kW		35万円/kW
	運転維持費（1年当たり）	184千円/kW		27千円/kW	27千円/kW	22千円/kW		27千円/kW
IRR		税前1%		税前8%	税前4%	税前4%		税前4%
調達価格 1kWh当たり	調達区分	【メタン発酵ガス化バイオマス】		【未利用木材】	【一般木材（含パーム椰子殻）】	【廃棄物系（木質以外）バイオマス】		【リサイクル木材】
	税込	40.95円		33.60円	25.20円	17.85円		13.65円
	税抜	39円		32円	24円	17円		13円
調達期間		２０年						

４．参考文献

下水道ビジョン 2100　下水道から「循環のみち」へ 100 年の計　-地域の持続的な発展を支える 21 世紀型下水道の実現-，平成 17 年 9 月，国土交通省下水道部

「循環のみち下水道」成熟化に向けた戦略と行動，平成 24 年 5 月，国土交通省下水道部

下水道マネジメントのためのベンチマーキング手法に関する検討会，平成 25 年 3 月，国土交通省下水道部

下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き，平成 21 年 3 月，国土交通省

下水道における LCA 適用の考え方，平成 22 年 2 月，国土交通省国土技術政策総合研究所

廃棄物処理部門における温室効果ガス排出量抑制等指針マニュアル，2012 年 3 月，環境省

東日本大震災における下水道施設被害の総括と耐震・耐津波対策の現状を踏まえた今後の対策のあり方，平成 24 年 3 月，下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書

下水道施設計画・設計指針と解説　後編-2009 年版-，社団法人日本下水道協会

事業用燃料電池発電システム導入検討の手引き，財団法人・新エネルギー財団

衛生工学シンポジウム論文集，1：273-276，平成 14 年，岡安ら他

メタン発酵の代謝経路とその変換，環境管理 Vol.35，No.6，p.27-34，平成 14 年，熊本大学 木田健次

産業排水処理のための嫌気性バイオテクノロジー，平成 14 年，技報堂出版、Speece R.E.

下水汚泥の性状および消化特性に関する処理場毎の比較調査、土木学会論文集 G(環境),Vol.,68, No.7，pp.III 325-III 332,2012.日髙　平，内田　勉

生ごみ高負荷メタン発酵・亜硝酸脱窒廃液処理技術，廃棄物処理技術開発支援事業-第 11 号-調査報告書，平成 17 年，財団法人廃棄物研究財団

下水道マネジメントのためのベンチマーキング手法に関する検討会，第二回資料　国土交通省下水道部

５．問い合わせ先

本技術ガイドラインに関する問い合わせは，下記にお願いします。

国土交通省 国土技術政策総合研究所	国土交通省　国土技術政策総合研究所 下水道研究部　下水処理研究室 〒305-0804　茨城県つくば市旭１番地 TEL　029-864-3933　　FAX　029-864-2817 URL　www.nilim.go.jp/lab/ecg/index.htm

本書は，下水道革新的技術実証事業(B-DASH プロジェクト)により国土交通省国土技術政策総合研究所が下記の企業・団体に研究委託を行い，その成果を取りまとめたものです。

＜実証研究者　連絡先＞

メタウォーター 株式会社	営業本部営業企画部 〒101-0041　東京都千代田区神田須田町一丁目 25 番地 TEL　03-6853-7300　　FAX　03-6853-8710 HP http://www.metawater.co.jp/
地方共同法人 日本下水道事業団	技術戦略部　資源技術開発課 〒160-0004　東京都新宿区四谷三丁目３番１号富士・国保連ビル TEL　03-6361-7854　　FAX　03-3359-6383 HP http://www.jswa.go.jp/